

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO NA EDUCAÇÃO BÁSICA

THIAGO RAFALSKI MADURO

**EFEITO DE UMA INTERVENÇÃO DIDÁTICA SOBRE CÉLULAS  
FOTOELETROQUÍMICAS NO CONHECIMENTO DE ESTUDANTES  
DE LICENCIATURA: UMA POSSIBILIDADE PARA O ENSINO DE  
CIÊNCIAS NO ENSINO BÁSICO**

SÃO MATEUS

2016



THIAGO RAFALSKI MADURO

**EFEITO DE UMA INTERVENÇÃO DIDÁTICA SOBRE CÉLULAS  
FOTOELETROQUÍMICAS NO CONHECIMENTO DE ESTUDANTES  
DE LICENCIATURA: UMA POSSIBILIDADE PARA O ENSINO DE  
CIÊNCIAS NO ENSINO BÁSICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino, na área de concentração Ensino de Ciências Naturais e Matemática.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gilmene Bianco.

SÃO MATEUS

2016





THIAGO RAFALSKI MADURO

**EFEITO DE UMA INTERVENÇÃO DIDÁTICA SOBRE CÉLULAS  
FOTOELETROQUÍMICAS NO CONHECIMENTO DE ESTUDANTES  
DE LICENCIATURA: UMA POSSIBILIDADE PARA O ENSINO DE  
CIÊNCIAS NO ENSINO BÁSICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino, na área de concentração Ensino de Ciências Naturais e Matemática.

Aprovada em 23 de março de 2016.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gilmene Bianco

Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientadora

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Érica Duarte Silva

Universidade Federal do Espírito Santo

---

Prof. Dr. Diemerson Saquetto

Instituto Federal do Espírito Santo

A Vanessa Angeli Maduro e Heloísa Angeli  
Maduro, a quem dedico toda minha vida.

A Fernando Correa Maduro e Núcia do  
Carmo Maduro, que sempre investiram na  
minha formação pessoal e profissional.

## **AGRADECIMENTOS**

## RESUMO

## ABSTRACT

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Conceitos de física e química propostos para uma discussão interdisciplinar da prática de confecção de células fotoeletroquímicas associada às questões de tecnologia, sociedade e meio ambiente..... 53
- Figura 2 - Exemplos de delineamento experimental (a) e quase-experimental (b), para os quais “X” representa um tratamento, uma variável independente, uma causa, “O” representa uma observação, uma variável dependente, um efeito e “R” representa um sinal de que os sujeitos foram distribuídos aleatoriamente pelas condições experimentais. .... 55
- Figura 3 - Estruturas de delineamento pré-experimental, para as quais “X” representa um tratamento, uma variável independente, uma causa, “O” representa uma observação, uma variável dependente, um efeito..... 56
- Figura 4 - Estrutura esquemática das etapas da sequência didática desenvolvida nesse trabalho..... 58
- Figura 5 - Maquete da célula fotoeletroquímica contendo as seguintes peças manipuláveis: sol, como fonte de fótons; fótons na forma de raios; fios com garras jacaré; lâmpada; elétrons, na forma de letras “e”; corante excitado, representado por uma letra “C” no centro de uma estrutura amarela no formato de uma estrela e várias pontas; e íon triiodeto ( $I_3^-$ ). .... 62
- Figura 6 - Maquete do fio, apresentando as seguintes peças manipuláveis: resistência elétrica em tamanho maior aquela pintada sobre a maquete, representada pelos retângulos em vermelho; elétrons simulando uma corrente elétrica, representados pela letra “e”; e as variáveis tensão (V), resistência (R) e corrente elétrica (I) representadas por suas respectivas incógnitas em dois tamanhos diferentes. .... 62
- Figura 7 - À esquerda, Maquete da molécula de corante e, à direita, maquete do átomo, segundo o modelo de Bohr. Os elétrons, representados pela letra “e”, e os fótons, representados por estruturas de raios, são peças manipuláveis. .... 63
- Figura 8 – Maquete de bonecos com roupas coloridas, construídos em EVA. .... 63

Figura 9 - Empilhamento de camadas para telas resistivas (a esquerda) e capacitivas (a direita).....	66
Figura 10 - Cata Telas (caixas de papelão, encapadas e com adesivos) utilizadas para coleta de telas <i>touch screen</i> quebradas em lojas de concerto telefones celulares. ...	66
Figura 11 – Esquema de relação temporal para aplicação de cada um dos questionários em relação as etapas da SD e relação (setas) entre questões pré e pós-tratamento dos questionários. As setas contínuas indicam as relações entre questões que não sofrem ameaça temporal. As relações indicadas pelas setas pontilhadas podem sofre ameaça temporal.....	71
Figura 12 - Questões I.1.20 a I.1.22.....	82
Figura 13 - Questão III.3.7. ....	90
Figura 14 - Exemplo de distribuição dos alunos na brincadeira de cabo-de-guerra, assim como foi realizada durante a SD.....	91
Figura 15 - Imagens do simulador "tensão da bateria" (versão 1.04), representando, em (a), uma pilha ou bateria e, em (b), representando duas regiões distintas carregadas negativamente.....	98
Figura 16 – Imagem do simulador "Condutividade" (versão 1.0.5) representando uma corrente elétrica induzida por uma tensão em um metal. ....	98
Figura 17 - Simulador "Ohm's Law" (Versão 1.2.0) representando a influência de cada uma das variáveis V, R e I através de um sistema de pilhas em série ligados a um circuito e através da variação do tamanho das variáveis na equação matemática. ...	99
Figura 18 - Espectro eletromagnética evidenciando a região visível da luz e relacionando comprimento de onda e frequência.....	110
Figura 19 - Imagem do simulador " <i>color vision</i> " (versão 1.1.0), apresentando, em (a), um dispositivo para seleção da cor da fonte luminosa e outro para seleção de um filtro de cor e, em (b), três dispositivos para variação da intensidade das luzes vermelha, verde e azul, permitindo a composição de outras cores.....	115
Figura 20 - Imagem do simulador "Condutividade" (versão 1.0.5) representando uma corrente elétrica, em um fotocondutor, induzida por uma tensão e fótons de uma fonte luminosa. ....	115

Figura 21 - Questão V.4.3. ....	119
Figura 22 - Questão VI.4.3. ....	119
Figura 23 - Imagem do simulador "Build an Atom" (versão 1.1.2) representando, em (a), o simulador para construção de átomos com diferentes opções de resultados para cada composição e, em (b), a opção jogo do simulador, com quatro diferentes jogos possíveis a escolha do usuário.....	138



## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Aluno medindo a tensão AC da tomada da sala de aula. ....	93
Fotografia 2 - Alunos realizando medidas indiretas de condutividade através da resistência dos materiais: (a) tela touch screen e (b) vidro. ....	96
Fotografia 3 - Aluno realizando medida de resistência em um anel de ouro. ....	97
Fotografia 4 - Grupos de alunos confeccionando as células fotoeletroquímicas. ...	122
Fotografia 5 - Preparação da pasta de $\text{TiO}_2$ . Aluno misturando o óxido e o vinagre, em uma tigela de porcelana, com auxílio de uma colher de sopa. ....	123
Fotografia 6 - Aluno espalhando a pasta de $\text{TiO}_2$ sobre uma lâmina de tela touch screen. ....	124
Fotografia 7 - Deposição de corante sobre duas placas distintas cobertas por $\text{TiO}_2$ . ....	124
Fotografia 8 - Aluno atritando um lápis 8B sobre a superfície condutora de uma tela <i>touch screen</i> . ....	125
Fotografia 9 - Telas touch screen conectadas à um fio de cobre com auxílio de fita isolante, com uma seta vermelha indicando o ponto de conexão. À esquerda, uma tela com depósito de $\text{TiO}_2$ e corante e, à direita, uma tela com depósito de grafite. ....	125
Fotografia 10 - À esquerda, uma CF produzindo 556 mV, à direita, uma CF produzindo 116,6 mV. ....	126
Fotografia 11 - Treze das quinze CF produzidas durante todo minicurso. ....	127
Fotografia 12 - Alunos realizando a atividade de leitura e interpretação textual, com o auxílio da maquete do átomo para simular a resposta das às questões propostas. ....	133

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultado absolutos do desempenho dos países da América Latina e de outros países do mundo para as avaliação do Pisa de 2000 a 2012. ....	34
Gráfico 2 - Indicador de letramento científico: distribuição por nível segundo escolaridade completa.....	36
Gráfico 3 - Indicador de letramento científico: distribuição por nível para profissionais da educação.....	36
Gráfico 4 - Indicador de letramento científico de toda população amostral segundo níveis de escala de proficiência.....	37
Gráfico 5 - Percentuais para cada uma resposta de cada uma das questões ordinais para pergunta central: como você avalia seus conhecimentos quanto a cada uma das seguintes matrizes energéticas? .....	87
Gráfico 6 - Percentuais para cada uma das respostas as questões I.1.27 a I.1.30..	87
Gráfico 7 - Comparação da média das respostas às questões ordinais entre o antes e o depois da intervenção sobre conceitos de eletricidade.....	100
Gráfico 8 - Comparação da média das respostas de autoavaliação do conhecimento e segurança para lecionar conceitos de eletricidade, para as questões ordinais entre o antes e o depois da intervenção. ....	102
Gráfico 9 - Percentual de resposta de cada uma das variáveis ordinais para questão: “Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa ‘sim, adotaria’ e 1 significa ‘não, não adotaria’, como você avalia a possibilidade de adoção da metodologia de ensino de conceitos de eletricidade (corrente, tensão e resistência) apresentada nessa aula para cada um dos níveis de ensino que seguem?” .....	103
Gráfico 10 - Percentual das respostas apresentadas pelos alunos à questão IV.3.7: “Antes de utilizar um equipamento que você não sabe com usar, você faria o que?” .....	106
Gráfico 11 - Comparação da frequência absoluta de respostas para as questões (V e VI).4.2: Qual das seguintes figuras melhor representa o conceito de luz? .....	116

Gráfico 12 - Comparação da frequência absoluta de respostas para as questões (V e VI).4.1: Se através da luz do sol podemos utilizar energia, então, podemos propor que a luz é energia? .....	116
Gráfico 13 - Comparação da média das respostas de autoavaliação do conhecimento e segurança para lecionar conceitos de eletricidade, para as questões ordinais entre o antes e o depois da intervenção.....	117
Gráfico 15 - Percentual de resposta de cada uma das variáveis ordinais para questão: Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa "sim, adotaria" e 1 significa "não, não adotaria", como você avalia a possibilidade de adoção da metodologia de ensino de conceitos básicos relativos as características da luz apresentada nessa aula para cada um dos níveis de ensino que seguem? .....	118
Gráfico 16 - - Percentual de resposta de cada uma das variáveis ordinais para questão: Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa "sim, adotaria" e 1 significa "não, não adotaria", como você avalia a possibilidade de adoção da prática de confecção de células fotoeletroquímicas como atividade experimental em sala de aula para cada um dos níveis de ensino que seguem? .....	129
Gráfico 16 - Comparação da média das respostas às questões ordinais entre o antes e o depois da intervenção sobre conceitos de modelo atômico de Bohr, oxidação e redução.....	139
Gráfico 17 - Comparação da média das respostas de autoavaliação do conhecimento e segurança para lecionar conceitos de eletricidade, para as questões ordinais entre o antes e o depois da intervenção.....	139
Gráfico 18 - Comparação da média das respostas de autoavaliação do conhecimento e segurança para lecionar conceitos de eletricidade, para as questões ordinais entre o antes e o depois da intervenção.....	140
Gráfico 19 - Percentual de resposta de cada uma das variáveis ordinais para questão: Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa "sim, adotaria" e 1 significa "não, não adotaria", como você avalia a possibilidade de adoção da metodologia de ensino de conceitos básicos relativos as características do modelo atômico de Bohr, oxidação e redução apresentada nessa aula para cada um dos níveis de ensino que seguem? .....	141



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Porcentagem de professores do ensino médio e dos alunos finais do ensino fundamental que tem licenciatura na área em que atuam.....	26
Quadro 2 –Descrição das habilidades do entrevistado para cada um dos níveis avaliados pelo Indicador de Letramento Científico. ....	35
Quadro 3 - Dados comparativos de IDH, expectativa de anos de escolaridade e percentual de população com nível adequado de letramento científico.....	39
Quadro 4 - Perfil do grupo amostral da pesquisa. ....	70
Quadro 5 - Variáveis, tipos de variáveis e tratamento estatístico aplicado. ....	77
Quadro 6 - Tipologias de aprendizagem do conteúdo segundo Zabala.....	78
Quadro 7 - Estrutura da etapa de apresentação da situação da SD.....	80
Quadro 8 - Estrutura do módulo 1 da SD. ....	89
Quadro 9 - Frequências das categorias de características positivas apontadas para metodologia de ensino de conceitos de eletricidade, na questão IV.3.12.....	105
Quadro 10 - Estrutura do módulo 2 da SD. ....	107
Quadro 10- Frequências das categorias de características positivas apontadas para metodologia de ensino de conceitos de eletricidade, na questão VI.4.6.....	120
Quadro 12 - Estrutura do módulo 3 da SD. ....	121
Quadro 11 - Frequências das categorias de características positivas apontadas para metodologia de ensino de conceitos de <b>eletricidade</b> , na questão VIII.5.5.....	131
Quadro 14 - Estrutura do módulo 4 da SD. ....	132
Quadro 15 - - Frequências das categorias de características positivas apontadas para metodologia de ensino de conceitos de <b>eletricidade</b> , na questão X.7.11.....	142
Quadro 16 - Estrutura etapa de produção final da SD.....	143

## LISTA DE SIGLAS

AC – *Alternating current* ou corrente alternada

C – Corante

CD – *Compact disc*

Ceunes – Centro Universitário Norte do Espírito Santo

CF – Células fotoeletroquímicas

Cl<sup>-</sup> – Íon cloreto

CNS – Conselho Nacional de Saúde

CSSC – Células solares sensibilizadas por corante

DC – *Direct current* ou corrente contínua

DCNEM – Diretrizes Nacionais para o Ensino Médio

DSSC – Dye-sensitized solar cells

$\bar{e}$  – Elétron

e.g. – Por exemplo

EF – Ensino fundamental

EM – Ensino médio

EVA – Etileno-acetato de vinila

$I$  – Corrente

$I^-$  – Íon iodeto

$I_3^-$  – Íon triiodeto

ICE – *Institute for Chemical Education*

Ideb – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

ILC – Indicador de Letramento Científico

ITO – *Indium-tin-oxide* ou óxido de índio e titânio

KI – Iodeto de potássio

LED – *Light Emitting Diode*

LCB – Licenciatura em Ciências Biológicas

LQ – Licenciatura em Química

MDF – *Medium density fiberboard*

MEC – Ministério da Educação

Na<sup>+</sup> – Íon sódio

NaCl – Cloreto de sódio

NSSE – *National Society for the Study of Education*

OECD – *Organisation for Economic Co-operation and Development*

*p* – Prótons

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

Pibid – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência

PISA – *Programme for International Student Assessment*

PPC – Projeto Pedagógico de Curso

R – Resistência

s.d. – Sem data

SD – Sequência didática

SnO<sub>2</sub> – Óxido de estanho

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TiO<sub>2</sub> – Óxido de titânio

*V* – Tensão

## SUMÁRIO

### Sumário

1	INTRODUÇÃO .....	24
1.1	UMA DISCUSSÃO TECNOLÓGICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS .....	26
1.2	OBJETIVOS .....	29
1.2.1	Objetivo Geral .....	29
1.2.2	Objetivos Específicos .....	29
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	30
2.1	UM BREVE HISTÓRICO SOBRE O ENSINO DE CIÊNCIAS NO SÉCULO XX 30	
2.2	UMA ANÁLISE DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL DO SÉCULO XXI	32
2.3	QUE JUSTIFICATIVA ADOTAR PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS? .....	37
2.4	AS CÉLULAS FOTOELETROQUÍMICAS E O ENSINO DE CIÊNCIAS .....	40
2.5	NÍVEL DE APROFUNDAMENTO CIENTÍFICO E INTERDISCIPLINARIDADE PARA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA .....	44
2.5.1	Relacionando capacidades, competências e habilidades .....	46
2.5.2	Química e Física e(é) Ciências: uma proposta de intersecção .....	47
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	54
3.1	DELINEAMENTOS DE PESQUISAS SOCIAIS .....	54
3.2	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	57
3.2.1	Apresentação da situação .....	58
3.2.2	Os módulos .....	59
3.2.3	A produção final .....	60
3.3	O DESENVOLVIMENTO DAS MAQUETES: INSTRUMENTO DE APOIO À SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	60
3.3.1	Custo de confecção das maquetes .....	63



3.4	O DESENVOLVIMENTO DO ROTEIRO DE PRÁTICA DE CONFEÇÃO DE CÉLULAS FOTOELETROQUÍMICAS.....	64
3.4.1	Telas <i>touch screen</i> descartadas: uma alternativa ao vidro ITO.....	65
3.4.2	Outras alternativas à prática sem a estrutura de um laboratório .....	67
3.4.3	Custo da prática de confecção de células fotoeletroquímicas.....	68
3.5	O DELINEAMENTO DA PESQUISA .....	68
3.6	A ANÁLISE DOS DADOS .....	72
3.6.1	A pré-análise dos dados .....	72
3.6.2	A codificação dos dados .....	73
3.6.3	Análise do conteúdo .....	74
3.6.4	Análise estatística.....	76
3.7	ANÁLISE ESTRUTURAL DAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS .....	78
4	RESULTADOS.....	79
4.1	APRESENTAÇÃO DA SITUAÇÃO.....	79
4.1.1	Conhecimento dos alunos de LCB e LQ antes da intervenção: ensino de ciências no ensino fundamental .....	80
4.1.2	Conhecimento dos alunos de LCB e LQ antes da intervenção: matrizes energéticas .....	86
4.2	MÓDULO 1: ELETRICIDADE E O USO DO MULTÍMETRO .....	88
4.2.1	Características estruturais do módulo e sequência didática adotada....	88
4.2.2	Descrição da sequência didática .....	90
4.2.3	Análise do conhecimento e percepção dos estudantes .....	99
4.3	MÓDULO 2: A LUZ COMO FONTE DE ENERGIA.....	107
4.3.1	Características estruturais do módulo e sequência didática adotada..	107
4.3.2	Descrição da sequência didática .....	108
4.3.3	Análise do conhecimento e percepção dos estudantes .....	116
4.4	MÓDULO 3: A CONFEÇÃO DE CÉLULAS FOTOELETROQUÍMICAS ..	121
4.4.1	Características estruturais do módulo e sequência didática adotada..	121

4.4.2	Descrição da sequência didática.....	121
4.4.3	Análise do conhecimento e percepção dos estudantes.....	129
4.5	MÓDULO 4: O MODELO ATÔMICO DE BOHR E AS REAÇÕES QUÍMICA 132	
4.5.1	Características estruturais do módulo e sequência didática adotada ..	132
4.5.2	Descrição da sequência didática.....	133
4.5.3	Análise do conhecimento e percepção dos estudantes.....	138
4.6	PRODUÇÃO FINAL.....	143
4.6.1	Características estruturais do módulo e sequência didática adotada ..	143
4.6.2	Descrição da sequência didática.....	143
4.6.3	Análise do conhecimento e percepção dos estudantes.....	143
4.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	144
5	CONCLUSÃO .....	148
	REFERÊNCIAS.....	149
	APÊNDICE A – Tabela de Custos da Confecção da Primeira Versão das Maquetes .....	156
	APÊNDICE B – Tabela de Custos da Confecção da Segunda Versão das Maquetes .....	157
	APÊNDICE C – Roteiro de prática experimental de confecção de células fotoeletroquímicas .....	158
	APÊNDICE D – Tabela de Custos do Material de Consumo para Prática de Confecção de CF .....	162
	APÊNDICE E – Modelo de Certificado do Minicurso .....	163
	APÊNDICE F – Lista de Frequência dos Alunos no Minicurso .....	164
	APÊNDICE G – Questionário I .....	167
	APÊNDICE H – Questionário II .....	169
	APÊNDICE I – Questionário III .....	170
	APÊNDICE J – Questionário IV .....	172

APÊNDICE K – Questionário V .....	174
APÊNDICE L – Questionário VI .....	176
APÊNDICE M – Questionário VII .....	178
APÊNDICE N – Questionário VIII .....	179
APÊNDICE O – Questionário IX.....	182
APÊNDICE P – Questionário X.....	184
APÊNDICE Q – Questionário XI.....	187
APÊNDICE R – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....	192
APÊNDICE S – Folha com a definição de tensão, diferença de potencial e corrente elétrica .....	193
APÊNDICE T – Qual a diferença entre corrente AC e DC?.....	194
APÊNDICE U – Formulário de registro da atividade de condutividade .....	195
APÊNDICE V – Texto e atividades sobre o modelo atômico de Bohr.....	196
APÊNDICE W – Como funcionam os fogos de artifícios? .....	197
APÊNDICE X – Atividades sobre íons e reações químicas de oxidação e redução.....	198
APÊNDICE Y – .....	200

## 1 INTRODUÇÃO

Há quase três décadas, Brush (1989) anunciava o renascimento da preocupação com a qualidade e eficácia de uma educação que inclui a discussão de questões para motivar alunos a aprenderem assuntos considerados difíceis. Era uma tentativa de mudar a percepção do público com relação aos cientistas, encorajando a formação de pessoas capazes de participarem em decisões sobre tecnologia, transmitindo a ideia de ciência como parte do futuro. Uma década depois, o ensino de ciências no Brasil, tanto no ensino fundamental (Ciências Naturais), quanto no ensino médio (Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias), foi idealizado seguindo o mesmo princípio:

Na educação contemporânea, o ensino de Ciências Naturais é uma das áreas em que se pode reconstruir a relação ser humano/natureza em outros termos, contribuindo para o desenvolvimento de uma consciência social e planetária. (BRASIL, 1998, p. 22)

[...] [o ensino de ciências deve ser tal que] efetivamente propicie um aprendizado útil à vida e ao trabalho, no qual as informações, o conhecimento, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos sejam instrumentos reais de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de aprendizado permanente [...]. (BRASIL, 2000, p. 4)

Para Chassot (2014, p. 47) o ensino de ciências tem apenas um objetivo, “alfabetizar cientificamente os homens e mulheres para que consigam não apenas entender o mundo em que vivem, mas muda-lo e, sonhadoramente, muda-lo para melhor.” Corroborando com essa ideia, Sasseron (2013, p. 42) afirma que para alcançar esse objetivo:

“[...] as ciências abordadas em sala de aula precisam ser mais que uma lista de conteúdos disciplinares e devem permitir também o envolvimento dos alunos com características próprias do fazer da comunidade científica, entre elas: a investigação, as interações discursivas e a divulgação científica”.

Entretanto, a falta de concretização das propostas construídas nos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN para o ensino de ciências (BRASIL, 2000; BRASIL, 1998) são declaradas pelo próprio PCN+<sup>1</sup>:

As características de nossa tradição escolar diferem muito do que seria necessário para a nova escola. De um lado, essa tradição compartimenta

---

<sup>1</sup> É um documento complementar ao PCN que tem como objetivo discutir a condução do aprendizado nos diferentes contextos e condições de trabalho das escolas brasileiras, de forma a responder às transformações sociais e culturais da sociedade contemporânea, levando em conta as leis e diretrizes que redirecionam a educação básica.

disciplinas em ementas estanques, em atividades padronizadas, não referidas a contextos reais. De outro lado, ela impõe ao conjunto dos alunos uma atitude de passividade, tanto em função dos métodos adotados quanto da configuração física dos espaços e das condições de aprendizado. Estas, em parte, refletem a pouca participação do estudante, ou mesmo do professor, na definição das atividades formativas. (BRASIL, 2007, p. 9, grifo meu)

Mesmo no ensino fundamental (EF), para o qual o ensino de ciências é definido em uma única disciplina, que não deve ser fragmentada em áreas do conhecimento (BRASIL, 1998, p. 27), persiste no catálogo de livros didáticos do PNLD<sup>2</sup> unidades exclusivas de conteúdos de Química e Física para o 9º ano (MILARÉ; ALVES FILHO, 2010). Assim, o PNLD contraria o PCN, subsidiando a compartimentalização das ciências em propostas estanque, criando uma barreira para um processo de aprendizagem que leve o aluno a compreender e interagir melhor com o mundo a sua volta, onde os fenômenos quase nunca se dividem por área do conhecimento.

Mas, os entraves ao ensino de ciências vão além do PNLD. Nelio Bizzo (BIZZO; CHASSOT; ARANTES, 2013, p. 163) lembra que por muitos anos o currículo escolar foi altamente distorcido por um ou dois vestibulares, o que explicaria a baixa adesão a programas de inovação curricular, como o “Ensino Médio Inovador”. Por outro lado, nem é preciso recorrer à dados oficiais<sup>3</sup> para afirmar que a escola brasileira é pobre em laboratórios de ciências. Basta fazer um exame de consciência e quase todos vão responder que nunca tiveram aulas em um laboratório de química, física ou biologia. Atualmente, apenas 8,4% das escolas públicas de ensino básico possuem laboratórios de ciências, contra 21,7% das escolas particulares (OBSERVATÓRIO DO PNE, 2016). Mas, como pode ser interessante ouvir um professor falar sobre experimentos que o aluno nunca terá a oportunidade de vivenciar?

Em toda rede de ensino (pública e privada) 11,2% das escolas possuem laboratórios, mas será que estão equipados e as escolas possuem professores preparados para utiliza-los? A começar pelo EF, o trabalho de Milaré e Alves Filho (2010) reflete a prática brasileira de contratar professores com formação em uma área específica do conhecimento para lecionar ciências (geralmente biologia), disciplina que deveria garantir uma visão ampla e interdisciplinar ao aluno. Mas pior do que isso, é constatar

---

<sup>2</sup> O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) tem como principal objetivo subsidiar o trabalho pedagógico dos professores por meio da distribuição de coleções de livros didáticos aos alunos da educação básica.

<sup>3</sup> Disponíveis no sítio eletrônico do Observatório do PNE: <http://www.observatoriodopne.org.br/>.

que, já em 2013, 65,8% dos professores que atuam no ensino de ciências do EF não possuem qualquer graduação nas áreas correlatas à disciplina (Quadro 3). Apesar do aumento significativo do número de professores de ciências com formação para atuarem no ensino médio (EM), assim como no ensino fundamental, as escolas brasileiras ainda estão muito longe de oferecerem aulas de ciências com profissionais altamente capacitados.

Quadro 1 – Porcentagem de professores do ensino médio e dos alunos finais do ensino fundamental que tem licenciatura na área em que atuam.

Modalidade	Licenciatura em	2009	2010	2011	2012	2013
Ensino fundamental	Ciências Naturais, Ciências Biológicas, Física ou Química	12,2%	13,4%	31,2%	33,2%	34,2%
Ensino médio	Química	13,7%	15,4%	29,2%	32,7%	33,7%
	Física	6,7%	7,7%	16,6%	18,1%	19,2%
	Biologia	16,3%	17,6%	45,9%	50,6%	51,6%

Fonte: Observatório do PNE (2016)

Em meio a falta de laboratórios de ciências, professores com formação adequada e instrumentos didáticos verdadeiramente interdisciplinares, percebi a necessidade de propostas de ensino que favoreçam a experimentação investigativa de questões cotidianas e que sirvam ao professor em serviço como uma possibilidade de trabalho em sala de aula. Nesse contexto, propomos uma sequência didática com a utilização da prática de confecção de células fotoeletroquímicas do tipo Grätzel como tema gerador para o ensino de química e física do ensino básico.

## 1.1 UMA DISCUSSÃO TECNOLÓGICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

A sequência didática que apresentarei é um conjunto de atividades práticas que permitem a problematização de questões cotidianas relacionadas à conceitos de química e física, em meio à uma temática tecnológica presente na vida de todos: a energia solar. Pensando em uma proposta de ensino que possa atender amplamente às escolas de diferentes contextos sociais e econômicos, a seguinte pergunta poderia surgir: mas o uso de energia solar é realmente comum ao dia-a-dia de muitos?

Provavelmente, antes mesmo das primeiras aulas de ciências, toda criança, um dia, brincou com uma calculadora movida à bateria e energia solar. Possivelmente, poucas

lembram que a calculadora tinha uma célula de energia solar ou sabiam que aquele dispositivo convertia energia luminosa em energia elétrica. Ou, até mesmo, que a energia luminosa talvez estivesse produzindo energia elétrica para carregar a bateria (energia química) e, só então, produzir energia elétrica novamente para que a calculadora funcionasse. Certamente o uso da energia solar está presente na vida de grande parte dos alunos, mas, observar criticamente o funcionamento de uma simples calculadora é a grande diferença entre estar inserido ou não na realidade que nos cerca, ou seja, ter sido ou não alfabetizado cientificamente<sup>4</sup>.

Entretanto, vivemos em um mundo em que o acesso à tecnologia não é tão democrático quanto esperamos. Mesmo com as facilidades de transporte, o custo do acesso aos novos dispositivos tecnológicos tem uma diferença absurda quando comparamos os países mais desenvolvidos aos menos desenvolvidos. Mas, o que era novo a algumas décadas, acaba por se tornar menos caro e acessível à uma maior parte da sociedade. Muitas vezes, um produto do passado foi modificado pelo “simples” rearranjo e melhoramento de peças, assim, um equipamento novo acaba por utilizar parte da tecnologia do que é antigo. Esse é um dos princípios que utilizamos para reconstruir um experimento altamente tecnológico e que pudesse ser aplicado como uma sequência didática a realidade estrutural de todas as escolas brasileiras.

Nossa proposta busca atender não só uma tendência global para o ensino de ciências, mas permitir que o aluno seja consciente daquilo que há séculos têm mudado a vida da sociedade (a tecnologia), educando cidadãos capazes de fazerem escolhas sobre como utilizar e até mesmo moldar os novos produtos tecnológicos. Nesse contexto, tomamos o cuidado de organizar uma atividade guiada pelos PCN para o ensino de ciências, possibilitando sua utilização tanto no “Ensino Médio concebido para a universalização da Educação Básica [e que] precisa desenvolver o saber matemático, científico e tecnológico como condição de cidadania [...]” (BRASIL, 2000, p. 7) quanto para o ensino fundamental:

Trata-se, portanto, de organizar atividades interessantes que permitam a exploração e a sistematização de conhecimentos compatíveis ao nível de desenvolvimento intelectual dos estudantes, em diferentes momentos do

---

<sup>4</sup> Alfabetizar cientificamente os alunos significa oferecer condições para que possam tomar decisões conscientes sobre problemas de sua vida e da sociedade relacionados a conhecimentos científicos (SASSERON, 2013, p. 45)

desenvolvimento. Deste modo, é possível enfatizar as relações no âmbito da vida, do Universo, do ambiente e dos equipamentos tecnológicos que poderão melhor situar o estudante em seu mundo. (BRASIL, 1998, p. 28)

Relacionar ciência, tecnologia e sociedade (CTS) pode parecer uma tarefa simples, mas não se trata da enumeração de aplicações dos conceitos científicos, como Solbes e Vilches (1997) mostram ser comumente praticado por professores e livros didáticos. Muito menos pode ser pensado como um ou outro experimento que evidenciam uma das letras da sigla CTS em detrimento das demais. Quantos experimentos de química, comumente realizados em sala de aula, verdadeiramente apresentam um processo químico associado ao contexto de uma tecnologia próxima ao aluno e suas influências na sociedade?

Cachapuz *et. al.* (2005, p. 83) alerta quanto a necessidade da reação contra a

[...] redução da aprendizagem à designada aprendizagem por descoberta, entendida erradamente como descoberta sistemática de ideias, por conta própria, a partir de fatos evidenciados por resultados experimentais ou observacionais que mostram o óbvio.

Nesse contexto, podemos nos perguntar, que alfabetização científica queremos quanto:

- Mostramos como misturar soda caustica e óleo para fazer sabão sem que o processo químico seja evidenciado em sua intimidade e sem que a técnica seja discutida quanto a produção de diferentes tipos de sabão?
- Pedimos aos alunos que misturem diferentes extratos de plantas à diferentes produtos de limpeza e alimentícios e damos como exemplificadas as relações ácido-base?
- Sugerimos a construção de um vulcão para feira de ciências?

Neste trabalho, não encaramos a aprendizagem científica com um procedimento unitário, mas sim como um conjunto de aprendizagens específicas e conceitos variados de química e física. Afinal, ensinar o aluno a dominar um determinado conceito não o tornará apto para compreender suas relações com o mundo ao seu redor, seja nos processos da natureza ou nas tecnologias desenvolvidas pelo homem. Assim, a sequência didática que apresentamos procurar manter sempre estreitos os laços entre a constante relação ciência-tecnologia e as motivações sociais que a conduzem, por meio de uma leitura científica do ambiente ao redor do aluno.



## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Criar uma sequência didática (SD) sobre os conceitos de células fotoeletroquímicas do tipo Grätzel e verificar a percepção de alunos das licenciaturas em química e biologia diante de uma possibilidade para o ensino de ciência no ensino básico.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma sequência didática interdisciplinar de ensino de química e física para o ensino básico, com foco na temática energia solar fotoeletroquímica.
- Verificar o conhecimento e as percepções de alunos dos cursos de Licenciatura em Química (LQ) e de Licenciatura em Ciências Biológicas (LCB) do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (Ceunes) acerca de alguns conceitos de física e química relacionados às células fotoeletroquímicas
- Contribuir com a formação inicial de futuros professores de ciências.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 UM BREVE HISTÓRICO SOBRE O ENSINO DE CIÊNCIAS NO SÉCULO XX

O ensino de ciências se torna parte do currículo escolar durante o século XIX, tanto na Europa quanto nos Estados Unidos, devido a motivação e apelos dos próprios cientistas (DEBOER, 2000). No princípio do século XX, sob forte influência de escritores como John Dewey, o ensino de ciências e a educação em geral eram cada vez mais justificados com base em sua relevância para vida contemporânea e sua contribuição para que a sociedade compreendesse o mundo a sua volta (DEBOER, 2000).

Em 1947, nos Estados Unidos, a *National Society for the Study of Education (NSSE)* reforçava a importância da educação científica voltada ao benefício social e, ao mesmo tempo, mostrava grande preocupação com relação à ciência voltada à guerra, chegando a registrar que a ciência poderia ser por si própria o fim da jornada humana (DEBOER, 2000). Por outro lado, o governo deste país relacionava cada vez mais as potencialidades do conhecimento científico ao status econômico e militar da nação (DEBOER, 2000).

Em 1957, a União Soviética põe o primeiro satélite em órbita do planeta, o Sputnik. A derrota dos Estados Unidos na batalha pela conquista do espaço foi um estopim para uma série de reformas no ensino de ciências do país (DEBOER, 2000), que fez “investimentos de recursos humanos e financeiros sem paralelo na história da educação” (KRASILCHIK, 2000). Em 1960, a NSSE, propõe que os professores de ciências deveriam trabalhar para produzir cidadãos que entendessem ciência e fossem simpatizantes ao trabalho do cientista, evidenciando a responsabilidade cívica emergida após a 2ª Guerra Mundial (DEBOER, 2000). Entretanto, DeBoer (2000) lembra que nem todos estavam confortáveis com a reviravolta no ensino de ciências, agora justificado com base na segurança nacional.

Nos anos 1970, a relação ciência, sociedade e conhecimento técnico retorna aos objetivos do currículo estadunidense após duas décadas de ausência (DEBOER, 2000). Como consequência disso, houve um “desenvolvimento explosivo nas inovações e tentativas de melhoramento do ensino de Ciências” (KRASILCHIK, 1992).

A revolução no currículo escolar dos Estados Unidos repercutiu no Brasil, que traduziu e adaptou diversos projetos para o ensino de ciências, os quais se mostraram inadequados à realidade brasileira ainda anos 1970 (MANCUSO; LEITE FILHO, 2006, p. 12).

No Brasil, nas décadas de 1970 e 1980, os investimentos no ensino de ciências foram maiores do que em quaisquer outras áreas e mesmo assim sua situação era dada como lastimável (KRASILCHIK, 1992). Enquanto, nos Estados Unidos, o ensino de ciências era uma das principais ferramentas para impulsionar a corrida tecnológica e sua manutenção entre as grandes potências mundiais, no Brasil ainda se discutia a validade do ensino tecnológico para formação social:

A ênfase conferida ao ensino de Ciências, ainda que defendida por muitos, é contestada por alguns que consideram infundadas as afirmações sobre a relevância de ciência para a formação de uma geração com sólida preparação científica. Esses últimos acreditam ainda que a atual sofisticação tecnológica exige apenas saber apertar botões, contrariamente ao desejo expresso por sociedades que pedem qualificações mais adequadas no manejo de tecnologias próprias. (KRASILCHIK, 1992)

Em 1996, com a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) nº 9.394/96, o EM passa a ter a função de consolidar os conhecimentos e a preparar para o trabalho (objetivo da LDB nº 5.692 de 1971) e a cidadania (objetivo da LDB nº 4.024 de 1961). Assim, a política nacional de ensino passa a incluir no ensino de ciências a compreensão dos fundamentos científicos-tecnológicos dos processos produtivos, o que há muito já havia sido feito pelos países que alcançaram melhores índices de desenvolvimento. Entretanto, para Krasilchik (2000) as mudanças ocorridas em sala de aula foram sobre tudo consequência da deterioração das condições de trabalho, não da estruturação legal, e afirma que “infelizmente, mantém-se um ensino precário com professores que enfrentam nas escolas problemas de sobrecarga, de falta de recursos e de determinações que deveriam seguir sobre as quais não foram ouvidos”.

## 2.2 UMA ANÁLISE DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL DO SÉCULO XXI

Nos anos 2000, os investimentos do governo em educação quase que triplicaram<sup>5</sup> em relação a década anterior, representando um avanço de 4,7% para 6,6% do PIB (produto interno bruto), no período de 2000 a 2013. Entretanto, o cenário para o ensino de ciências não é muito diferente daqueles apresentados por Krasilchik nas duas décadas anteriores, se tomarmos como parâmetro ferramentas que permitem comparações com os resultados obtidos por outros países, como por exemplo, o Pisa<sup>6</sup> e demais publicações da OECD<sup>7</sup>.

Se ao final da década de 1980 faltava consenso sobre a importância do currículo de ciências (KRASILCHIK, 1992), no século XXI, os investimentos, mesmo que mais volumosos, ainda estão muito aquém dos países com melhores índices de desenvolvimento, o que é um entrave na execução da LDB. Entre os 37 países avaliados pela OECD (2014, p. 207), ocupamos a posição 32 quanto ao investimento per-capto para o EM. Dentre os quatro países da América Latina avaliados, estamos em segundo lugar e, mesmo assim, não investimos 60% do que se investe no Chile, não chegamos a 30% da média do que se investe em todos os países e destinamos um recurso de pouco mais de 16% do que se destina no primeiro da lista (Luxemburgo). Para o ensino fundamental (EF) as comparações são muito parecidas.

Se por um lado o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid) promove uma melhoria incontestável na formação de professores de ciências, o aumento do número de vagas para o ensino superior não foi acompanhado de investimentos para ofertar cursos de maior qualidade. Segundo análise OECD (2014, p. 205), entre 37 países avaliados, apenas o Brasil e outros cinco países não aumentaram os investimento per-capto para o ensino superior no período de 1995 a 2011. Nesse contexto, vale ressaltar que, desde o princípio do seu surgimento, o

---

<sup>5</sup> Considerando o orçamento do Ministério da Educação (MEC) em valores constantes no período de 2000 a 2012 (GENTILI, 2013).

<sup>6</sup> O Pisa, sigla inglesa para *Programme for International Student Assessment*, é um programa internacional de avaliação comparada aplicado a alunos de 15 anos e coordenado pela OCDE. O Pisa acontece a cada três anos, desde 2000.

<sup>7</sup> A OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*) é uma organização internacional, com sede em Paris, que trabalha em parceria com governos de diversos países para entender o que impulsiona mudanças econômicas, sociais e ambientais.

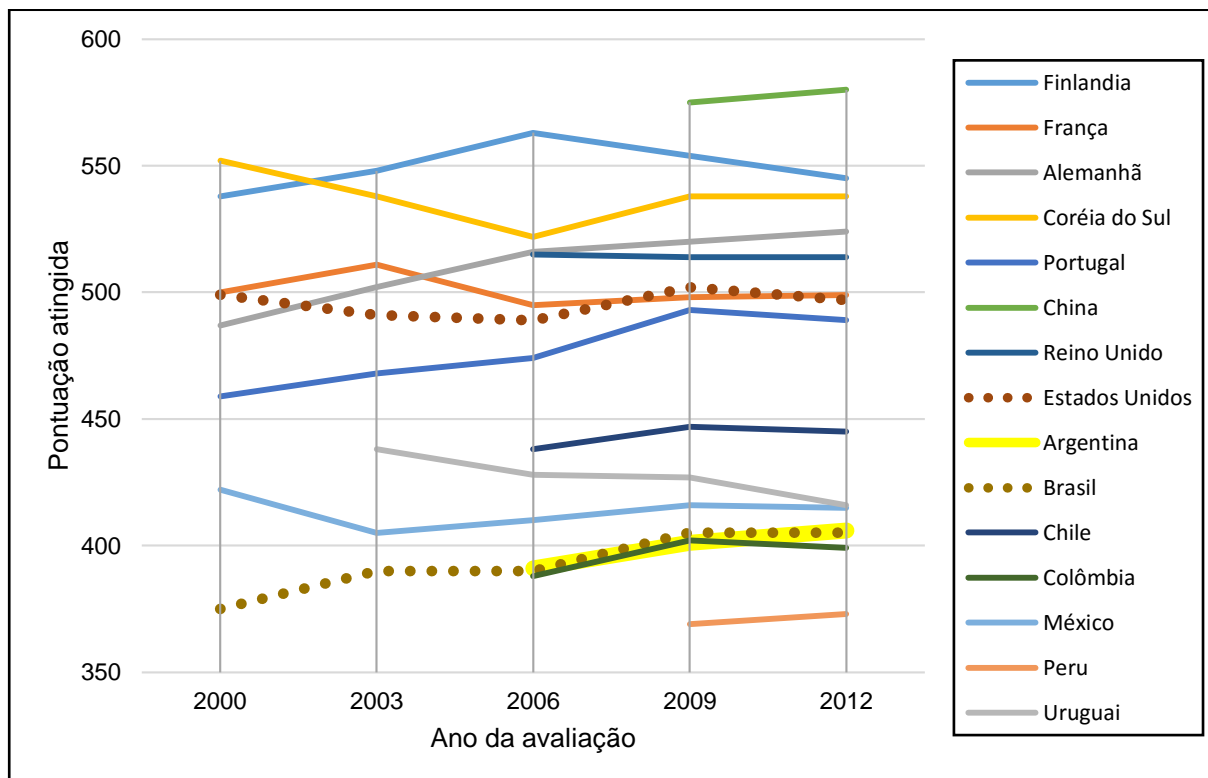
ensino de ciências tem sido estimulado pela academia (DEBOER, 2000; KRASILCHIK, 1992) e que a qualidade da inserção dos cientistas no processo educacional de nível básico está diretamente relacionado aos investimentos em formação e capacitação.

Os investimentos no EF, especificamente no ensino de ciências, se refletem nos resultados do Pisa. Nas cinco edições da avaliação, o Brasil conseguiu avançar apenas 15 pontos e há de se concordar com Gomes (2015, p. 72): “vemos que o Brasil anda em passos lentos”. Na última edição (2012), dos 66 países avaliados, o país ocupou a 59ª posição em ciências. Entre os oito países<sup>8</sup> da América Latina que participaram, ocupa o 6º lugar, com resultado comparável aos da Argentina e Colômbia e apenas acima do Peru (OECD, 2016). Se comparados aos países que despontam em desenvolvimento tecnológico, como a Coreia do Sul, Alemanha, China e Estados Unidos (Gráfico 1), o país ainda tem muito por fazer para alcançar um ensino de qualidade.

---

<sup>8</sup> Países da América Latina que participaram da edição 2012 do Pisa e respectivas pontuações: Chile (445), Costa Rica (429), Uruguai (416), México (415), Argentina (406), Brasil (405), Colômbia (399) e Peru (373).

Gráfico 1 - Resultado absolutos do desempenho dos países da América Latina e de outros países do mundo para as avaliação do Pisa de 2000 a 2012.



Fonte: Baldi *et al.* (2007), NCES (2001) e OECD (2004, 2010, 2014a)

Um parâmetro recente para análise do ensino de ciências no Brasil é o Indicador de Letramento Científico<sup>9</sup> – ILC (INSTITUTO ABRAMUNDO, 2014). Diferente do Pisa, sua amostragem com grupos em idade de 15 a 40 anos permite também observar os reflexos da educação científica de indivíduos que já deixaram a escola a algum tempo. O ILC usa como dimensões de sua avaliação o domínio da linguagem científica, os saberes práticos e a visão de mundo, classificando o conhecimento científico do avaliado em quatro níveis como mostra o Quadro 1.

<sup>9</sup> Segundo Gomes (2015, p. 37) não existe uma “definição universal” sobre letramento científico, sendo no Brasil também conhecido como “alfabetismo científico” e em países como os Estados Unidos e parte da Europa como *scientific literacy*.

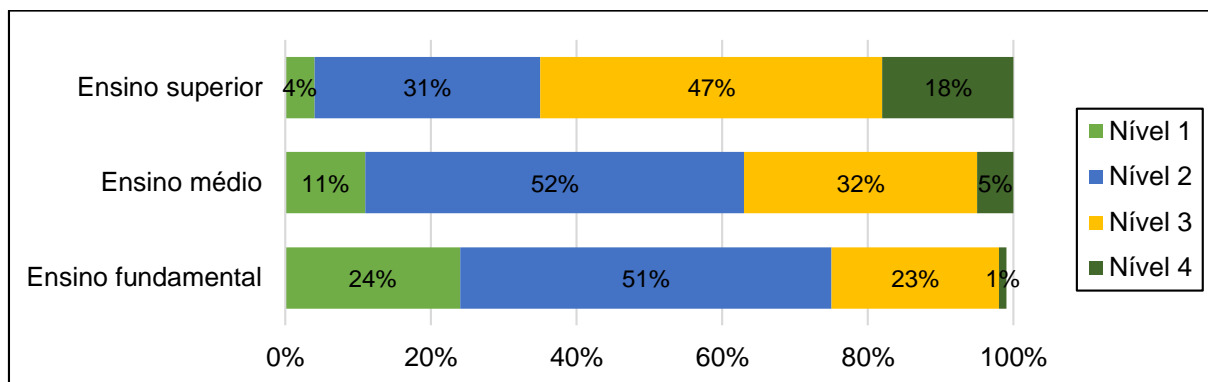
Quadro 2 –Descrição das habilidades do entrevistado para cada um dos níveis avaliados pelo Indicador de Letramento Científico.

Nível	Descrição da habilidade do entrevistado para o nível
1 - Letramento não-científico	Localiza, em contextos cotidianos, informações explícitas em textos simples (tabelas ou gráficos, textos curtos) envolvendo temas do cotidiano (consumo de energia em conta de luz, dosagem em bula de remédio, identificação de riscos imediatos à saúde), sem a exigência de domínio de conhecimentos científicos.
2 - Letramento científico rudimentar	Resolve problemas que envolvam a interpretação e a comparação de informações e conhecimentos científicos básicos, apresentados em textos diversos (tabelas e gráficos com mais de duas variáveis, imagens, rótulos), envolvendo temáticas presentes no cotidiano (benefícios ou riscos à saúde, adequações de soluções ambientais).
3 - Letramento científico básico	Elabora propostas de resolução de problemas de maior complexidade a partir de evidências científicas apresentadas em textos técnicos e/ou científicos (manuais, esquemas, infográficos, conjunto de tabelas) estabelecendo relações intertextuais em diferentes contextos.
4 - Letramento científico proficiente	Avalia propostas e afirmações que exigem o domínio de conceitos e termos científicos em situações envolvendo contextos diversos (cotidianos ou científicos). Elabora argumentos sobre a confiabilidade ou veracidade de hipóteses formuladas. Demonstra domínio do uso de unidades de medida e conhece questões relacionadas ao meio ambiente, à saúde, astronomia ou genética.

Fonte: Instituto Abramundo (2014)

Segundo o PCN (1998, p. 33), ao final do EF o aluno deve ser capaz de “saber combinar leituras, observações, experimentações e registros para coleta, comparação entre explicações, organização, comunicação e discussão de fatos e informações”, dentre outras capacidades que estão diretamente associadas ao que se espera para o nível 4 do ILC. Entretanto, apenas 1% das pessoas avaliadas pelo ILC, que já concluíram o EF, foram capazes de mostra um letramento científico proficiente, resultado que não sofre variação muito expressiva quando comparado ao grupo que já concluiu o EM (Gráfico 2).

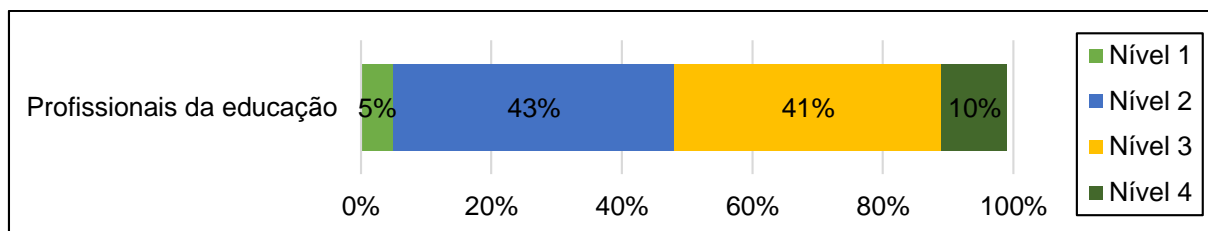
Gráfico 2 - Indicador de letramento científico: distribuição por nível segundo escolaridade completa.



Fonte: Instituto Abramundo (2014)

No Gráfico 2, notamos que apenas para o grupo de pessoas com, no mínimo, ensino superior temos uma concentração de mais de 50% das pessoas para os níveis 3 e 4 do ILC. Dado preocupando e de grande impacto no ensino de ciências, uma vez que esse grupo é formado por uma maioria de profissionais aptos a assumirem a docência, inclusive no ensino básico. Ainda mais preocupante quando a população amostral do ILC é separada por ramo de atividade, pois apenas 10% dos profissionais de educação atingiram o nível 4 (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Indicador de letramento científico: distribuição por nível para profissionais da educação.



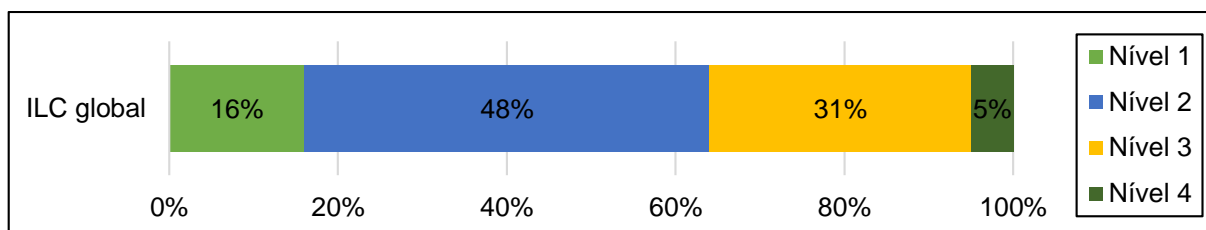
Fonte: Instituto Abramundo (2014)

Segundo análise da OECD (2016), cerca 61% dos alunos brasileiros têm aproveitamento fraco em ciências, o que significa, na melhor das hipóteses, que eles podem apresentar explicações científicas que são óbvias e que seguem explicações a partir de evidências fornecidas. Esse é um dado que se aproxima do resultado do ILC, se comparados ao total de alunos EF que atingiram os níveis 1 e 2 (Gráfico 2). Considerando a estreita relação entre o significados dos resultados do ILC em relação ao Pisa, Gomes (2015, p. 74) alerta para falta de preparação do aluno brasileiro para a avaliação do Pisa 2015.



Ao analisar um grupo que não está necessariamente na escola, o resultado global do ILC (Gráfico 4) fornece um dado importante, o efeito desastroso da falta de planejamento e execução de projetos para melhoria do ensino de ciências: quase 48% da população amostrada apresenta um nível de letramento científico rudimentar (nível 2), enquanto apenas 5% apresenta letramento científico proficiente (nível 4).

Gráfico 4 - Indicador de letramento científico de toda população amostral<sup>10</sup> segundo níveis de escala de proficiência.



Fonte: Instituto Abramundo (2014)

## 2.3 QUE JUSTIFICATIVA ADOTAR PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS?

Nossa discussão sobre o ensino de ciências começou com os Estados Unidos, por sua participação histórica nas primeiras grandes incursões nesta área de ensino e influência sobre o sistema educacional brasileiro. Por esse motivo, inevitavelmente, os resultados estadunidenses foram comparados aos do Brasil. Contudo, de forma alguma pretendemos enaltecer uma ou outra política para o ensino de ciências, mas não se pode suprimir sua importância estratégica para a estabilidade econômica de uma nação, associada a uma distribuição de renda menos dispare. Mas, que modelo e objetivos seguir para que tenhamos melhores resultados?

De um lado, a constante relação entre a construção do poder e o ensino, hora mais, hora menos explícita na política educacional dos Estados Unidos (DEBOER, 2000). De outro, a Finlândia, sem grandes incursões políticas e bélicas pelo poder (ZETTERBERG, 2014), mas com um objetivo sólido de construção de um país impulsionado por um projeto histórico de educação para todos os cidadãos (FINNISH NATIONAL BOARD OF EDUCATION, 2016). Seja pela real participação de todos nas

<sup>10</sup> Para o ILC, segundo o Instituto Abramundo (2014), dado o recorte geográfico e populacional da amostra pra pesquisa, pode-se afirmar que seus resultados são representativos de cerca de 23 milhões de pessoas com as características avaliadas.

tomadas de decisão da nação e/ou pelo controle político e militar de outros países, a verdade é que projetos educacionais sólidos são essenciais e especialmente estratégicos para atingir níveis elevados de domínio tecnológico, produzir com menor custo e atender a uma maior parcela da população.

Na Finlândia, ainda no século XIX, a educação profissional emergia no país pela necessidade do crescimento industrial e das atividades de construção civil. Nos Estados Unidos a guerra impulsionou o crescimento industrial, também por meio de projetos de ensino de ciências. No Brasil, aparentemente, educação básica e crescimento econômico são assuntos imiscíveis tanto no ambiente político, que pouco volta esforços ao tema, quanto entre os pesquisadores das áreas de educação e ensino, dos quais quase não se vê reforçar a importância da educação científica para construção de uma grande nação industrial, como faz Krasilchik (1992).

Exceto pela China, onde a dinâmica econômica cumpre minimamente as exigências sociais para manter vendáveis seus produtos, os países no topo da lista do Pisa são aqueles que investiram e investem sólida e ininterruptamente em ensino de ciência e, não por coincidência, tem menos diferenças sociais e melhor distribuição de renda. Resultado que corrobora com a afirmação da Unesco (2005): “o dinheiro que se investe [em ensino de ciências] traz um retorno considerável.”

Investir em ensino de ciências, além de uma estratégia para consolidação de um parque industrial competitivo é garantir ao cidadão a possibilidade de atuar na democracia contemporânea sem que seja apenas mais um “apertador de botão” do celular ou da máquina da empresa onde trabalha:

[...] a educação científica e tecnológica é também essencialmente importante no processo de promoção da cidadania e inclusão social, uma vez que propicia às pessoas oportunidades para discutir, questionar, compreender o mundo que as cerca, respeitar os pontos de vista alheios, resolver problemas, criar soluções e melhorar sua qualidade de vida. (UNESCO, 2005)

Ao compararmos o IDH e o percentual da população com nível adequado de letramento científico em diferentes países (Quadro 2), percebemos o quanto as pessoas, suas capacidades e o desenvolvimento econômico das nações estão relacionados a efetividade das políticas públicas, incluindo o ensino de ciências. Entretanto, vale ressaltar que a constante corrida para apresentar um crescimento de valor absoluto, de dado isolado, não garante um ensino de qualidade, o que se pode perceber ao

relacionar a expectativa de ano de escolaridade da população aos demais índices do Quadro 2.

Quadro 3 - Dados comparativos de IDH, expectativa de anos de escolaridade e percentual de população com nível adequado de letramento científico.

País	IDH*	Expectativa de anos de escolaridade*	População com nível adequado de letramento científico**
Brasil	0,744	15,2	5%
Finlândia	0,879	17	22%
Suécia	0,898	15,8	35%
Estados Unidos	0,914	16,5	28%

Fonte: United Nations Development Programme\* (2014) e Gomes\*\* (2015)

Na Finlândia, o sistema educacional é estruturado para que todos os cidadãos tenham doutorado (THE FINNISH NATIONAL BOARD OF EDUCATION, 2016), já no Brasil, ainda se discute a falta de vagas para o ensino básico (ALVES, 2015; EXTRA DE RONDÔNIA, 2015; FOLHA VITÓRIA, 2016; G1, 2015a; R7, 2014), dever do estado definido pela Constituição Federal de 1988<sup>11</sup>. Nos Estados Unidos e Finlândia, os sítios eletrônicos equivalentes ao do Ministério da Educação (MEC), estampam na página principal o objetivo de oferecer ao povo igualdade no acesso à educação de qualidade, enquanto indicadores como o Pisa confirmam suas diligências. No Brasil, esforça-se para explicar que alguns décimos mais no Ideb<sup>12</sup> mostram a qualidade e os investimentos que o país vem fazendo em educação, entretanto, indicadores internacionais mostram que esses investimentos não têm gerado qualquer diferença, uma vez que a destinação de recursos per-capta não tem sido alterada em função da ampliação no número de vagas.

Seja qual for a justificativa, para mudar o cenário do ensino de ciências no Brasil, que venha de um consenso nacional e/ou diretrizes de trabalho possíveis de serem cumpridas, cercadas de recursos para sua execução. Em meio a tantos exemplos de

---

<sup>11</sup> Referência ao artigo 25 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, a qual sito: “A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.”

<sup>12</sup> O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) foi criado pelo Inep em 2007 e representa a iniciativa de reunir em um só indicador dois conceitos igualmente importantes para a qualidade da educação: fluxo escolar e médias de desempenho nas avaliações.

outros países que deram e vem dando bons resultados, não precisamos copiar nenhuma ideia, afinal, somos um país de cultura e dimensões ímpar.

## 2.4 AS CÉLULAS FOTOELETROQUÍMICAS E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Assertivamente, há quase 25 anos, O'Regan e Grätzel (1991) anunciavam o futuro promissor de dispositivos de baixo custo que eram capazes de converter a luz do sol em energia elétrica. Tratava-se do surgimento das células solares sensibilizadas por corante (CSSC; mais conhecidas pela sigla DSSC, do inglês *dye-sensitized solar cells*), que utilizam fótons de praticamente qualquer fonte luminosa para produção de energia elétrica através de uma reação química, por isso, também são chamadas de células fotoeletroquímicas (CF).

Em 2009, as células solares de Grätzel ultrapassaram as barreiras dos laboratórios, sendo produzidas e comercializadas pela empresa *G24 Power*<sup>13</sup> como fonte de energia para dispositivos domésticos (BUSINESS WIRE, 2009). Talvez, o que ninguém imaginava é que um dispositivo de tamanha complexidade e importância tecnológica poderia se tornar uma poderosa ferramenta para o ensino de ciências, aliás, não é usual que alunos de vários níveis de ensino possam montar e discutir o funcionamento de objetos desse tipo.

Ainda nos anos 1990, Smestad e Grätzel (SMESTAD; GRÄTZEL, 1998; SMESTAD, 1998) perceberam que a tecnologia, que há poucos anos havia começado a se desenvolver na Suíça, estava intimamente relacionada ao currículo de alunos do EM e séries iniciais do ensino superior, como, por exemplo, quanto:

- Aos pares de reações de oxirredução que acontecem para que a energia solar seja transformada em energia elétrica.
- Ao processo catalítico induzido pelo carbono para acelerar as reações.
- Aos conceitos de eletroquímica e funcionamento de uma pilha.

---

<sup>13</sup> Em 2006, a australiana *G24 Power* foi a primeira empresa a adquirir a licença de manufatura da tecnologia DSSC (BUSINESS WIRE, 2009). Atualmente a empresa é a líder mundial na produção de células de energia solar com tecnologia DSSC (G24 POWER, 2016).

- Ao fluxo de elétrons produzido, permitindo mensurar as variáveis corrente e tensão elétrica.
- Ao rendimento energético da célula como evidência para segunda lei da termodinâmica.
- Ao processo mimético à fotossíntese.
- À similaridade do funcionamento da célula fotoeletroquímica com diversos processos de respiração encontrados na biosfera.
- A transversalidade às questões ambientais de substituição de combustíveis fósseis por uma fonte de energia mais barata, menos agressiva ao meio ambiente, portátil e etc.
- A vários outros conceitos de química, biologia, física, eletrônica e ótica.

Com objetivo de desenvolver um kit educacional, Smestad e Gratzel (1998) criaram uma prática experimental que foi avaliada e reproduzida para fins comerciais pelo *Institute for Chemical Education*<sup>14</sup> (ICE). Atualmente, o kit didático com a prática de confecção de CF pode ser comprado no sitio eletrônico da ICE (U\$ 56,00<sup>15</sup>) e da holandesa *Man Solar* (€ 49,50<sup>16</sup>), respectivamente, para confecção de cinco e seis células solares por um custo de aproximadamente R\$ 200. Entretanto, a prática educacional com CF não está necessariamente atrelada a aquisição do material e roteiro didático oferecido comercialmente. Em seu endereço eletrônico, o projeto *Science On The Move*<sup>17</sup> disponibiliza gratuitamente o roteiro didático Dye-Sensitized Solar Cells (EDDY et al., [s.d.]), desenvolvido para o ensino de ciências com crianças em idade escolar de 11 a 17 anos.

---

<sup>14</sup> O *Institute for Chemical Education* (Instituto de Educação em Química, em português) é um centro nacional para o desenvolvimento e disseminação de práticas de ensino. Com sede na universidade norte-americana de Wisconsin-Madison, o instituto tem foco no desenvolvimento de kits educacionais e sua divulgação, em programas para alunos e professores e em pesquisas em educação em química (ICE, 2016).

<sup>15</sup> O sitio eletrônico da ICE ([www.ice.chem.wisc.edu](http://www.ice.chem.wisc.edu)) oferece um catálogo de kits e publicações, onde pode-se encontrar a prática de confecção de CF denominada *Nanocrystalline Solar Cell Kit*.

<sup>16</sup> No sitio eletrônico da *Man Solar* (<http://www.mansolar.nl/>) são oferecidas três configurações diferentes de kits didáticos para prática de confecção de CF, nos valores de € 49,50, € 79,50 e € 96,50. Todos os kits permitem a construção de 6 células e os mais caros contém componentes que permitem testes não contemplados nos mais baratos.

<sup>17</sup> O projeto *Science On The Move* (Ciência em Movimento, em português) foi desenvolvido em todo o estado estadunidense de Dakota do Sul com experiências de alta qualidade para laboratórios de ciências. O projeto foi administrado pela *South Dakota Center for the Advancement of Math and Science Education* (CAMSE), um centro de excelência de ensino e aprendizagem de ciências e matemática. As práticas de ensino do projeto encontram-se disponível no sitio eletrônico: <http://www.camse.org/scienceonthemove/>.

Na Inglaterra, um grupo de professores de química de duas universidades (Loughborough e Bristol) realizou um projeto de ensino de ciências através da prática com CF, atendendo jovens entre 11 e 18 anos (MORTIMER; WORRALL, 2007). O objetivo era ensinar aos alunos como o desenvolvimento de um novo produto comercial requer um amplo conhecimento de várias áreas da ciência: eletroquímica, ciência dos materiais, analogias biológicas, fundamentos físicos de transferência de cargas, síntese de novas moléculas de corantes e o impacto socioeconômico da energia solar. Até setembro de 2007, o projeto já havia distribuído kits didáticos de CF e atendido professores e alunos de 35 escolas, com pretensões de ampliar o atendimento. Atualmente, o projeto *The Solar Spark*<sup>18</sup>, que inclui pesquisadores de nove universidades inglesas e grandes organizações com foco em educação, com financiamento do governo do Reino Unido, estimula o desenvolvimento de experimento para o ensino de ciências, como, por exemplo, a prática de confecção de células fotoeletroquímicas.

Nos Estados Unidos, o programa de extensão *TeachEngineering*<sup>19</sup> busca estimular o interesse por ciências e matemática através de projetos de design de engenharia aplicados a alunos que cursam o equivalente ao último ano do EM. Como parte de suas ações, o *TeachEngineering* divulga práticas de pesquisadores que podem ser utilizadas em sala de aula, dentre elas, está a atividade experimental chamada de *Organic Solar Energy and Berries* (energia solar orgânica e bagas, em português) (TEACHENGINEERING, 2011). A prática estimula a construção de CF produzidas com diferentes corantes extraídos de frutas e a comparação da eficiência energética produzida para cada uma das CF. Assim, o programa espera contribuir com o estímulo à formação de futuros engenheiros que tenham como foco os processos de otimização da conversão de energia luminosa em energia elétrica.

Sem dúvida alguma, a prática escolar com CF é um poderoso instrumento para favorecer o processo de ensino-aprendizagem, estimular alunos e professores e promover uma educação científica significativa, com fortes associações entre ciência,

---

<sup>18</sup> O projeto escocês *The Solar Spark* é dedicado a divulgação de informações sobre energia solar e disponibiliza diversos roteiros de atividades de ciências para que alunos realizem em casa ou para que professores conduzam em sala de aula. O projeto é patrocinado pela *Royal Society of Chemistry* e *Research Councils UK*. Mais informações no site eletrônico: <http://www.thesolarspark.co.uk>.

<sup>19</sup> A *TeachEngineering* (Ensine Engenharia, em português) é um projeto colaborativo entre estudantes e professores de cinco universidades parceiras na sua fundação.

tecnologia, meio ambiente e sociedade. Caso contrário, os exemplos de projetos ingleses e estadunidenses não teriam tamanho empenho e dedicação de grandes universidades, do poder público e de instituições não governamentais.

Em países em que o investimento em educação básica não acompanha as cifras dos países da América do Norte e da Europa Ocidental, como no Brasil, a prática de ensino baseada na experimentação com CF é um grande desafio, a começar pela falta de materiais, laboratórios de ciências e professores capacitados. Cada CF é composta de duas placas de vidro condutor, que são comercializados por um dólar cada pela ICE, mas não são encontrados com facilidade no Brasil. Outro componente essencial é o óxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), que é vendido livremente em casas de comércio especializadas em produtos químicos, entretanto, essas lojas só costumam existir em grandes centros. A solução de iodeto de potássio (KI) não seria outro dos problemas se as escolas brasileiras fossem dotadas de laboratórios. Grande parte dos roteiros disponíveis na internet (AZEVEDO; CUNHA, [s.d.]; EDDY et al., [s.d.]; SMESTAD; GRÄTZEL, 1998) exigem procedimentos que não são apropriados para maior parte das escolas brasileira, como o aquecimento em fornos mufla ou bicos de Bunsen.

Talvez, por conta de tantas dificuldades, os grupos de pesquisa brasileiros que trabalham com o desenvolvimento de CF não tenham sido estimulados a voltarem parte do trabalho acadêmico à uma contribuição para o ensino de ciências, principalmente para o ensino básico. Entretanto, vale ressaltar os esforços de Agnaldo *et al.* (2006) para diversificação das práticas de ensino de física de nível superior com foco na confecção e análise do funcionamento de CF.

Em 2009, três jovens alunas<sup>20</sup>, surpreenderam-me ao sugerirem que eu as orientasse na reprodução de células fotoeletroquímicas proposta em um artigo (AZEVEDO; CUNHA, [s.d.]). O grande desafio do trabalho era iniciar um experimento sem laboratório de química, sem materiais e, como orientador, sem qualquer afinidade pela área de eletroquímica. Sempre com foco no método científico, buscamos resolver cada um dos problemas relacionados à estrutura de trabalho e a falta ou dificuldade para aquisição de materiais. Então, após três anos havíamos desenvolvido uma

---

<sup>20</sup> Beatriz Ottoni Azevedo Porto Miranda, Brenda da Cunha Feitoza e Karolina Ribeiro Costa foram alunas do curso técnico em eletrotécnica integrado ao ensino médio, do Campus São Mateus do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), entre os anos de 2009 a 2012.

metodologia para confecção de células fotoeletroquímicas sem a necessidade de um laboratório. Reaproveitando materiais descartados de equipamentos eletrônicos, corrigimos um dos grandes problemas da proposta experimental de Azevedo e Cunha, a utilização de vidro *float*<sup>21</sup> como estrutura condutora. Usando um simples medicamento para tosse, vendido livremente em farmácias, evitamos a necessidade de um laboratório para preparação da solução de iodeto de potássio.

Neste trabalho, apresentaremos uma proposta genuína para o ensino de ciências utilizando a prática de confecção de CF, projetada para atender as deficiências do espaço escolar brasileiro, a falta de recursos financeiros para aquisição de materiais e o PCN de Ciências Naturais do Terceiro e Quarto Ciclo do Ensino Fundamental (BRASIL, 1998) e o PCN do Ensino Médio d Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (BRASIL, 2000).

## 2.5 NÍVEL DE APROFUNDAMENTO CIENTÍFICO E INTERDISCIPLINARIDADE PARA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA

Não só por sua natureza, o ensino de ciências no ensino básico guarda similaridades, como, por exemplo, quanto às demandas dos PCNs (BRASIL, 2000; BRASIL, 1998) por atividades temáticas, interdisciplinares e transversais. Para as disciplinas de Ciências (EF), Química (EM) e Física (EM) a sugestão de atividades temáticas tem como objetivo favorecer o processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais significativo pela discussão de um ou mais assuntos do cotidiano e/ou de importância científica, tecnológica e social.

Entretanto, apesar das tantas similaridades quanto ao que se espera para condução do ensino, certamente uma questão é inquietante a uma proposta didática de confecção de CF que se diga aplicável tanto ao EF quanto ao EM: não são dois níveis de ensino distinto? Talvez, pelo próprio berço da ciência moderna, possa-se dizer que este não é um entrave para o ensino de ciências quando se trata de uma atividade

---

<sup>21</sup> O vidro produzido pela flutuação de sua massa quente em uma piscina de estanho chama-se *float*. Esse processo de produção é adotado mundialmente para produção de vidros planos de alta qualidade e dá origem aos vidros utilizados na construção civil, automóveis, eletrodomésticos, móveis e objetos de decoração (BLINDEX, 2016).



que retrata a problematização quanto a um objeto ou situação. Ora, se René Descartes (2014) teve como um dos quatro princípios de seu método a condução por ordem de seus pensamentos, iniciando pelas partes mais simples e mais fáceis de conhecer, para elevar-se, pouco a pouco, como galgando degraus, até o conhecimento dos mais compostos, por que não se pode discutir um mesmo objeto em ambas as modalidades de ensino? Basta galgar apenas os degraus acessíveis à classe de estudantes que se tem, com é tratado no próprio PCN do EF:

Trata-se, portanto, de organizar atividades interessantes que permitam a exploração e a sistematização de conhecimentos compatíveis ao nível de desenvolvimento intelectual dos estudantes, em diferentes momentos do desenvolvimento. Deste modo, é possível enfatizar as relações no âmbito da vida, do Universo, do ambiente e dos equipamentos tecnológicos que poderão melhor situar o estudante em seu mundo. (BRASIL, 1998, p. 28, grifo meu)

Porém, a problematização de um objeto ou situação não cabe na estrutura de nossas componentes curriculares como usualmente desenvolvidas em sala de aula, a qual podemos caracterizar como disciplinar: convenientemente definida como qualquer domínio isolado relativamente autossuficiente da experiência humana que possui sua própria comunidade de especialistas (NISSANI, 1997). No EM, quando existe um planejamento integrado entre os professores, a abordagem normalmente não vai além do que Klein (2006) classifica como multidisciplinar: uma justaposição de disciplinas, que não apresentam uma somatória dos discursos ainda enciclopédicos. Se não fosse pela usual prática docente de tratar de forma compartimentalizada a ciência, poderíamos classificar como interdisciplinar o ensino de ciências do EF, estruturado para o desenvolvimento de conceitos de física, química e biologia, associados a questões sociais e transversais.

Para o EF poderíamos pensar a interdisciplinaridade como descrita por Nissani (1997), como sendo a fusão entre componentes de duas ou mais disciplinas em um único programa de ensino. Contudo, diante da formação especializada do professor de ciências que atua no ensino básico, seria mais adequado um processo interdisciplinar como proposto por Mozena e Ostermann (2014): “uma mudança de atitude frente ao conhecimento, uma leitura mais abrangente [...] na busca por uma substituição da concepção fragmentária para a unitária dos ser humano”.

Kein (2005) apresenta três catalizadores para superação da estrutura disciplinar de ensino: a conexão das áreas do conhecimento, já muito fragmentadas; a necessidade

de pensar em várias áreas do conhecimento para resolver problemas de nossa vida no trabalho e na sociedade; e a conexão de ambas com um conjunto de pedagogias complementares. Nesse contexto, percebemos a prática de confecção de CF como uma atividade didática capaz de promover a inter-relação entre as especialidades, permitindo uma discussão além dos conteúdos de física e química – capaz de promover a transversalidade no ensino – e como prática interdisciplinar desenvolvida por um ou mais professores:

“[...] a interdisciplinaridade pode ser efetivada na sala de aula por um único professor, quando este revela os limites da sua disciplina e aborda os conteúdos sob o referencial de outras matérias, ou pode ainda ser desenvolvida numa metodologia pautada em projetos por vários professores [...]. (MOZENA; OSTERMANN, 2014)

Para proposta de confecção de CF desenvolvida nesse trabalho, no sentido da promoção da interdisciplinaridade e transversalidade, através de uma proposta temática de ensino, escolhemos a sequência didática como metodologia, por sua característica construtivista, interacionista e social, que permite, pelo princípio da modularidade (DOLZ; NOVERRAZ; SCHNEUWLY, 2004, p. 93), a realização de atividades intencionais, estruturadas e intensivas que se adaptam às necessidades particulares dos diferentes grupos de aprendizes.

### **2.5.1 Relacionando capacidades, competências e habilidades**

Literalmente, não seria possível relacionar as capacidades que o aluno deve desenvolver em Ciências (BRASIL, 1998, p. 33) com as chamadas competências e habilidades para as disciplinas de Química (BRASIL, 2000, p. 39) e Física (BRASIL, 2000, p. 29)<sup>22</sup>. Entretanto, como seria possível utilizar conceitos científicos básicos, como previsto para o EF, sem compreender minimamente as “representações e comunicações” de uma área do conhecimento, como é proposto para o EM?

Carvalho (2013, p. 7) lembra que “a linguagem das Ciências não é só uma linguagem verbal” e Chassot (2014, p. 61) acrescenta que trata-se de “[...] uma linguagem para facilitar nossa leitura do mundo”. Assim, a utilização de gráficos, tabelas e relações

---

<sup>22</sup> Mesmo com a homologação das novas Diretrizes Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), homologada em janeiro de 2012 pelo Governo Dilma, que não trata mais das noções de “competências” e “habilidades”, pautamos este trabalho nos PCNs, pois estes ainda estão em vigor.

matemáticas para “traduzir a linguagem discursiva em outras linguagens usadas em Química [e Física]” (BRASIL, 2000, p. 39) também são capacidades que devem ser desenvolvidas por alunos do EF. Carvalho acrescenta que:

[...] temos de prestar atenção nas outras linguagens, uma vez que somente as linguagens verbais – oral e escrita – não são suficientes para comunicar o conhecimento científico. Temos de integrar, de maneira coerente, todas as linguagens, introduzindo os alunos nos diferentes modos de comunicação que cada disciplina utiliza, além da linguagem verbal, para a construção e seu conhecimento. (CARVALHO, 2013, p. 7)

Nesse contexto de ensino, não temos que diferenciar as componentes curriculares de Ciências e Química e Física por competências e habilidades ou capacidades a serem desenvolvidas, mas sim pela quantidade de degraus que cada aluno ou turma alcançará dentro de suas possibilidades cognitivas, praticando, assim, o uso de parte ou a totalidade do método científico pela exploração de um objeto.

Certamente, poderíamos diferenciar as disciplinas aqui discutidas pelos conceitos tratados em cada uma, suas intersecções e diferenças. Mas, não pretendo generalizar a discussão aos currículos como um todo. Vamos apenas tratar daqueles conceitos que se conectam em virtude da exploração de um objeto utilizado para o ensino de física e química, neste caso, a CF.

### **2.5.2 Química e Física e(é) Ciências: uma proposta de intersecção**

Barbosa (2009) lembra que, em relação a Física, a Química demorou a se desenvolver por conta da falta de uma linguagem comum e manutenção de práticas misteriosas das ideias alquímicas. Também por conta disso, a Química e a Física ainda eram totalmente incompatíveis ao final do século XIX, “ou seja, não havia nenhuma perspectiva de poder explicar fatos químicos utilizando a física como base”. Só na década de 1920, com o estabelecimento da Mecânica Quântica, “passou a ser possível, em princípio a conexão direta entre uma teoria física e os conceitos clássicos da química”.

Desde então, a Química e a Física tinham um mesmo problema a resolver, a elucidação das propriedades da matéria e suas interações. Entretanto, a quantidade de partículas (número maior ou igual a 3) dos problemas discutidos pelos químicos produzia equações impossíveis de resolver pelas teorias da Mecânica Quântica.

Consequentemente, os químicos passaram a adaptar as teorias da física às suas necessidades de resolução de problemas, que na maioria das vezes não envolvia tantos números e matemática avançada (BARBOSA, 2009), e criaram sua própria química molecular. Quase um século depois, sem solução definitiva para as diferenças, Pyykkö (2012) sugere que a química teórica poderia ser vista como uma ponte entre a física da realidade do físico e a química da realidade do químico experimental. Numa tentativa de apresentar um caminho para que as duas áreas da ciência se tornem verdadeiramente interdisciplinares, Bishop conclui em seu artigo que:

The upshot is that quantum mechanics and molecular chemistry can only be “closer to the truth” in various respects, and without a principled argument that particular respects should be privileged, there is no clear sense in which one or the other is the “truer” theory other than in an interest-relative way.<sup>23</sup> (BISHOP, 2005)

Como químico por formação, concordo com a afirmação Barbosa (2009) de que “na prática, os únicos critérios para escolha de um modelo físico pelos químicos são: disponibilidade e facilidade de uso”. Ora, essa não é apenas uma forma de auxiliar o químico “em procedimentos de síntese e/ou análise de moléculas ou matérias” (BARBOSA, 2009), mas, também, uma forma de se fazer entender quanto ciência. Assim, as intersecções feitas nesse trabalho seguem, claramente, uma visão química do ambiente físico.

Entretanto, vale ressaltar que tanto para o fazer científico quanto para o ensino de ciências, as intersecções conceituais só passam a existir quanto a ciência não é tomada puramente pelo fazer ciência, mas sim pela explicação de um objeto/problema ou em busca do real significado daquilo que já existe como senso comum. Caso contrário corremos o sério risco de repetir a afirmação de Attico Chassot de que “a maioria dos conteúdos [por exemplo] de Química ensinados na escola não serve para nada”. Particularmente, prefiro pensar como Nelio Bizzo: “a suposta ‘inutilidade’ de certa parte do conhecimento científico não pode ser tomada como absoluta” (BIZZO; CHASSOT; ARANTES, 2013, p. 158).

---

<sup>23</sup> Em português: “O resultado é que a Mecânica Quântica e química molecular só pode estar ‘mais perto da verdade’ em vários aspectos, e sem um argumento de princípio de que determinados aspectos devem ser privilegiados, não há nenhum sentido claro em que um ou o outro é a ‘verdadeira’ teoria que não seja de uma forma de interesse relativo.”

Nesse contexto, o que pretendemos é mostrar uma possibilidade para romper a “suposta inutilidade” de conceitos a luz da convergência de duas áreas da ciência que permitem, somente se associadas, a compreensão e diferenciação da produção energética dada, por exemplo, por uma usina hidroelétrica, uma pilha alcalina e uma CF. Diferentemente das duas últimas, em uma usina hidroelétrica a energia produzida não é fruto de uma reação química, mas todas desencadeiam um processo de transferência de cargas (elétrons) através de uma estrutura condutora (fios de um circuito elétrico), permitindo que um trabalho seja realizado.

Ao processo de transferência de carga podemos relacionar o conceito de corrente elétrica, mencionando no PCN do EF (BRASIL, 1998, p. 58) como um dos possíveis conceitos a ser abordado em meio a um tema de investigação para “o entendimento da geração e transmissão de energia elétrica envolvendo conceitos relacionados a princípios de conservação de energia”. Por sua vez, o PCN do EM (BRASIL, 2000, p. 26) aponta como necessidade que “o início do aprendizado dos fenômenos elétricos deveria já tratar de sua presença predominante em correntes elétricas [...]” e acrescenta, como recomendação uma abordagem conceitual que vai ao encontro da sequência didática que preparamos, “[...] e não a partir de tratamentos abstratos de distribuições de carga, campo e potencial eletrostáticos.”

Diante da demanda pela aprendizagem do significado de corrente elétrica (I), vale ressaltar sua indissociabilidade quanto aos conceitos de tensão (V) e resistência (R), que se relacionam pela Lei de Ohm (Eq. 1). Conceitos que permitem discutir uma importante propriedade dos materiais, a condutividade e suas características como condutores ou isolantes elétricos.

$$V = RI \quad (\text{Eq. 1})$$

Mas como efetivamente aplicar em sala de aula a Lei de Ohm e/ou os conceitos de cada uma de suas variáveis? Essa é uma questão que tem como possível resposta a adoção do ensino por investigação, método demandado inúmeras vezes nos PCNs de ciências do ensino básico (BRASIL, 2000; BRASIL, 1998) e defendido por vários autores (BRICCIA, 2013; CACHAPUZ et al., 2005; CAPECCHI, 2013; CHASSOT, 2014; OLIVEIRA, 2013; SASSERON; CARVALHO, 2011, 2008; SCARPA; SILVA, 2013). Para prática de confecção de CF, a problematização sobre qual material

escolher para compor os eletrodos da célula favorecem o confronto dos conceitos básicos de eletricidade para utilização de um multímetro com o intuito de uma análise de condutividade e, dessa forma, colabora para que o aluno desenvolva a habilidade de utilização de equipamentos, como é sugerido nos PCNs (BRASIL, 2000, p. 29; BRASIL, 1998, p. 78)

A compreensão de que um fluxo de elétrons (corrente elétrica) acontece quando existe uma tensão suficientemente grande para romper as barreiras impostas (resistência) por um material, perfaz parte dos conceitos necessários para que o aluno identifique a CF como uma fonte energética diferente de outras. Entretanto, não garante possibilidades para uma discussão quanto a conservação da energia e a força eletromotriz do processo de geração elétrica.

Enquanto em uma usina hidroelétrica as turbinas que geram eletricidade são movidas pela força de uma queda d'água, nas células fotoeletroquímica a produção energética é impulsionada por pacotes de luz (fótons) que desencadeiam uma série de reações químicas. Nesse contexto, algumas das características da luz são essenciais para que o aluno compreenda o processo de conservação de energia envolvido em painéis de energia solar. Tal discussão torna-se possível pela compreensão de conceitos indicados no PCN: “[...] tipos de ondas de energia ([...] eletromagnética), [...] suas propriedades, as transformações tecnológicas da energia e suas aplicações” (BRASIL, 1998, p. 118) e “a natureza ondulatória e quântica da luz e sua interação com os meios materiais” (BRASIL, 2000, p. 26).

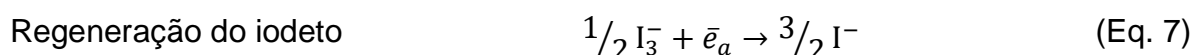
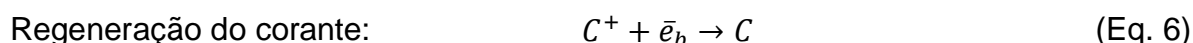
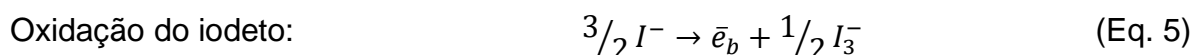
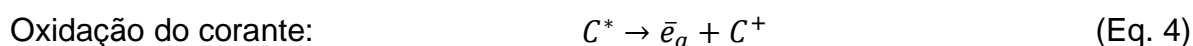
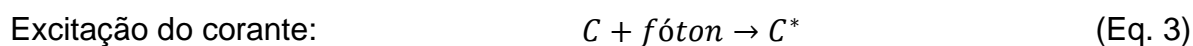
Novamente, a problematização da questão é uma das chaves para que o aluno compreenda o sentido da quantização da luz, reconhecendo a relação entre as variáveis energia ( $E$ ) e cor (comprimento de onda,  $\lambda$ ), sem que sejam necessários quaisquer cálculos para equação proposta por Max Plank (Eq. 2), para a qual  $n$  é a quantidade de fótons e  $h$  é a constante de Plank:

$$E = nh\lambda \quad (\text{Eq. 2})$$

Não que os cálculos sejam indesejáveis, pelo contrário, uma equação tão simples pode ser muito útil para discussão interdisciplinar de proporcionalidade, integrando ações docentes. Mas, por que se preocupar com resultados numéricos que podem não ter significado real para uma questão muito presente no cotidiano de todos: a

escolha da cor de uma roupa para um ensolarado dia de verão? Assim, por meio da propriedade da matéria (e.g., roupas) de absorver luz (fótons), o aluno tem a possibilidade de associar uma sensação térmica do passado à conversão energética e à quantização da luz.

Mas ainda não temos argumentos suficientes para entender como um todo a CF e diferenciá-la quanto às outras fontes aqui mencionadas. Enquanto as usinas hidroelétricas são movidas por uma força mecânica que impulsiona suas turbinas, uma pilha e uma CF são movidas por reações químicas. Mas, a grande diferença entre essas duas últimas é a finitude do processo. Enquanto as pilhas se descarregam, uma CF pode funcionar quase que infinitamente, se desconsideramos as intemperes do tempo. Esse processo cíclico de reações químicas nas CF (Eq. 3 a 7) que as caracterizam como uma fonte de energia muito menos poluente que a maioria das demais existentes.



Diante desse conjunto de reações químicas e tendo realizado a prática de confecções de CF, torna-se ainda mais substancial o conceito de física para compreensão de um objeto tecnológico. A percepção de calor pela conversão energética sob o sol, mostra-se a nível molecular na Eq. 3, onde um fóton de luz é convertido em energia cinética e potencial para um dos elétrons da molécula do corante (C). Então, através do mesmo multímetro utilizado para escolha de materiais para construção da célula fotoeletroquímica, o aluno pode, indiretamente, perceber a transição dos elétrons ( $\bar{e}_a$ , Eq. 4 e 7) que deixam a molécula de corante, passam pelo circuito produzindo trabalho e vão se encontrar com um íon iodeto ( $I^-$ ), novamente no interior da CF.

Mas, somente os conceitos apresentados até aqui não seriam suficientes para garantir o “interesse” do PCN do EF (BRASIL, 1998, p. 49) quanto a “interpretação de

interações entre substâncias, as possíveis transformações e as condições para que elas aconteçam, como a temperatura, o estado físico, a ação de catalisadores etc". Nesse contexto, o conjunto de três conceitos básicos da química (modelo atômico de Bohr, reações químicas e formação de íons) podem ser desenvolvidos com real significado para o aluno, ao confrontar os conceitos de eletricidade e características da luz à experimentação e reações química envolvidas.

A partir do modelo atômico de Bohr e seus postulados quanto a interação da luz com os elétrons de um átomo, pode-se propor uma discussão problematizadora sobre a possibilidade do elétron mais distante do núcleo de um átomo receber energia (e.g, fóton) e as possíveis consequências desse fato. Consequente, o modelo atômico estaria diretamente associado às Eq. 3 e 4, favorecendo a compreensão sobre um possível processo de formação de íons sem que se apresente como uma simples somatória de cargas opostas. Assim, por si só, o processo de formação de um íon (Eq. 4) já pode ser tomado como a estruturação do significado de uma reação, que pode ser reforçado pelas demais.

Além, no intuito de apresentar a ciência como um processo de estruturação do pensamento que permite uma melhor compreensão da tecnologia, o conjunto de reações apresentados para CF é um exemplo como raramente se vê em livros didáticos de química. Trata-se de um pequeno conjunto de reações que se inicia impulsionado pela luz e promove a geração de energia elétrica de forma sustentável, o que permite ao aluno ter uma percepção do todo sobre o funcionamento de um objeto tecnológico, participando ativamente das etapas de sua estruturação técnica como resposta ao saber científico.

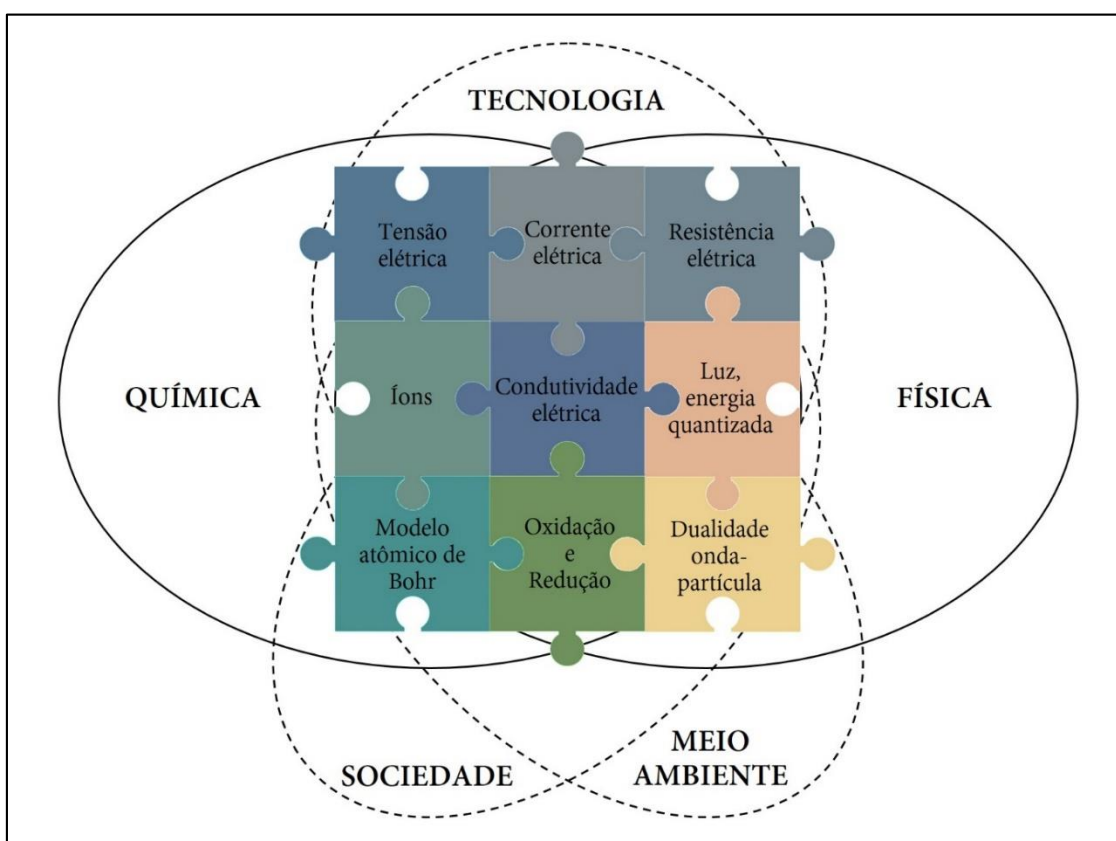
Em meio a uma discussão temática, que possibilite a comparação entre diferentes fontes de energia, inevitável e favoravelmente surgem importantes questões sociais sobre o uso da ciência e tecnologia para o bem comum. Associado a CF apresenta-se uma discussão de forte impacto na política e economia mundial que se voltam a questões sociais e ambientais, como a disponibilidade de energia a cada cidadão, as consequências do controle do capital sobre qual fonte de energia utilizar e, consequentemente, os impactos ao meio ambiente, a produção de riquezas, bolsões de pobreza e outros. No contexto de uma educação científica temática que permite uma discussão concisa entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, está o



pressuposto da formação de um aluno mais apto a tomar decisões de forma autônoma enquanto indivíduo e cidadão.

Através de uma educação temática, envolvendo não só o processo de confecção de CF, mas também uma proposta investigativa que permita ao aluno perceber e questionar o mundo a sua volta, torna-se possível reunir conceitos científicos sob um olhar amplo quanto as interações entre a sociedade, seus produtos tecnológicos e um desenvolvimento ambientalmente sustentável. Trata-se de um quebra-cabeças (Figura 1), com todas as peças espalhadas pelos PCNs e que tentamos reunir para construção da sequência didática que apresentamos neste trabalho.

Figura 1 - Conceitos de física e química propostos para uma discussão interdisciplinar da prática de confecção de células fotoeletroquímicas associada às questões de tecnologia, sociedade e meio ambiente.



Fonte: figura do autor.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

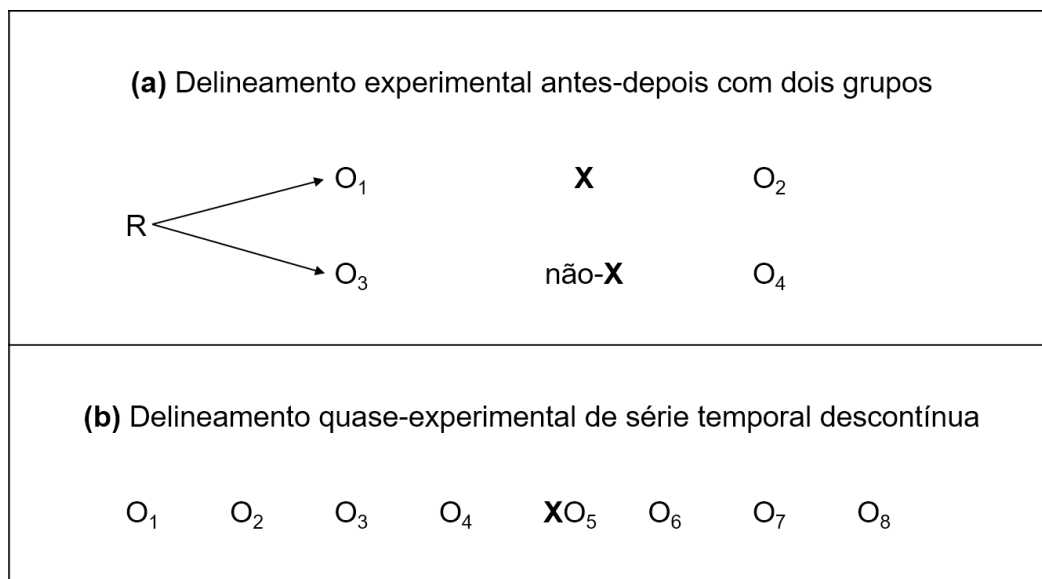
Neste capítulo apresentamos uma breve revisão bibliográfica sobre delineamento de pesquisas sociais e descrevemos os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento da sequência didática e instrumentos de apoio ao ensino (maquetes e roteiro de aula prática). Também apresenta o delineamento da pesquisa e a metodologia de coleta e análise de dados.

#### **3.1 DELINEAMENTOS DE PESQUISAS SOCIAIS**

Fundamentados no método científico, Campbell e Stanley (1963) e Selltiz, Wrightsman e Cook (1976) apresentam três possíveis métodos para o delineamento de pesquisas sociais: o experimental, o quase-experimental e o pré-experimental.

O delineamento experimental seleciona randomicamente os indivíduos do público-alvo da pesquisa, assim, permite uma extrapolação dos resultados de um pequeno grupo a toda uma população (Figura 2a). Já o delineamento quase-experimental não seleciona randomicamente os indivíduos, mas os observa temporalmente antes e após o(s) tratamento(s), o que possibilita confirmar hipóteses sobre a influência do tratamento logo após sua ocorrência, bem como uma possível maturação (Figura 2b).

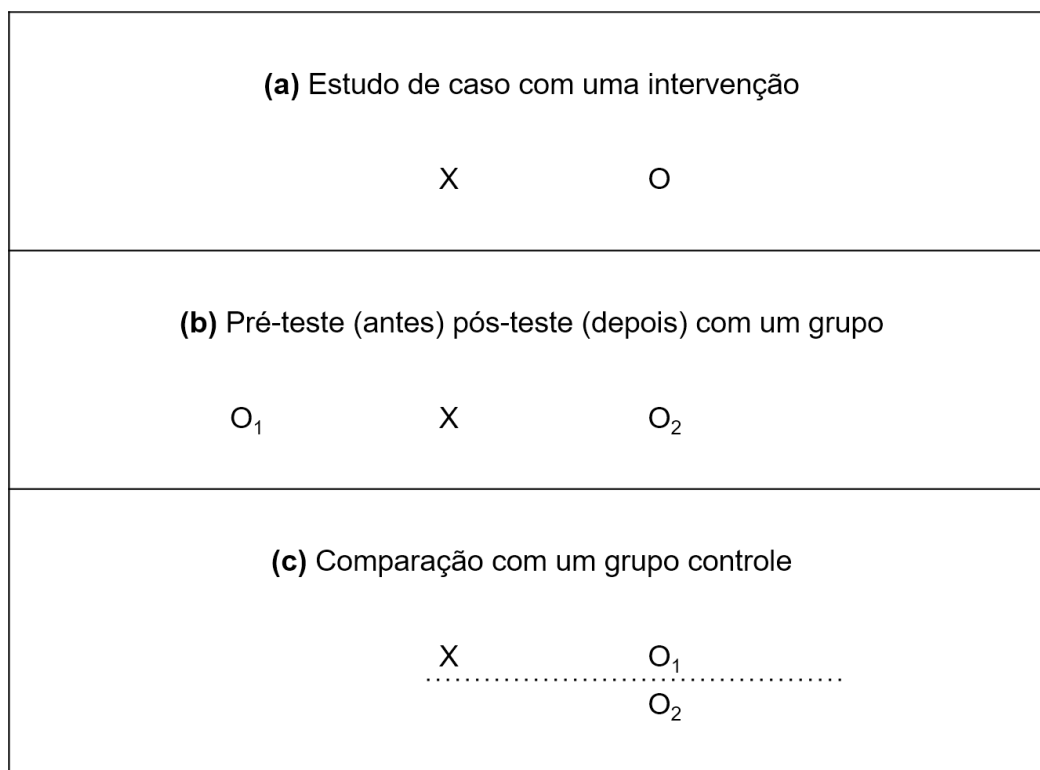
Figura 2 - Exemplos de delineamento experimental (a) e quase-experimental (b), para os quais “X” representa um tratamento, uma variável independente, uma causa, “O” representa uma observação, uma variável dependente, um efeito e “R” representa um sinal de que os sujeitos foram distribuídos aleatoriamente pelas condições experimentais.



Fonte: Selltiz, Wrightman, Cook(1976).

Campbell e Stanley (1963) descrevem três estruturas diferentes de delineamento pré-experimental: estudo de caso com uma intervenção (Figura 3a), pré-teste (antes) pós-teste (depois) com um grupo (Figura 3b) e comparação com um grupo controle (Figura 3c). Segundo Campbell e Stanley (1963), lamentavelmente muitas pesquisas em educação adotam um delineamento tipo estudo de caso com uma intervenção, o que não garante o controle dos valores científicos. Dentre todos, a comparação com um grupo controle possibilita o domínio de uma maior quantidade de variáveis, entretanto, não se adequa a este trabalho pela necessidade da existência de um grupo controle.

Figura 3 - Estruturas de delineamento pré-experimental, para as quais “X” representa um tratamento, uma variável independente, uma causa, “O” representa uma observação, uma variável dependente, um efeito.



Fonte: Campbell e Stanley (1963).

Amplamente utilizado em pesquisas em educação (CAMPBELL; STANLEY, 1963) e adotado para este trabalho, o delineamento pré-teste pós-teste com um grupo possui algumas fragilidades quanto aos fatores de validação interna (CAMPBELL; STANLEY, 1963). Entretanto, Barton, Dietz e Holloway (2001) mostram que é possível utilizar planejamentos pré-teste e pós-teste para conduzir uma avaliação significativa de programas educacionais contínuos com pretensão de avaliar o impacto no conhecimento dos participantes.

Barton, Dietz e Holloway (2001) lembram que para determinar se qualquer variação é resultado de algum tipo de intervenção, é necessário conhecer os três critérios de causa:

- Em primeiro lugar, o pesquisador deve demonstrar que a intervenção ou causa precedem o efeito de forma temporal.
- Em segundo lugar, deve existir uma conexão empírica ou correlação entre as variáveis dependentes e independentes.

- Em terceiro e mais importante para este trabalho, a observação da correlação empírica entre duas variáveis não pode ser explicada devido a influência de uma **terceira variável** causal em relação as demais.

No que diz respeito a esses critérios, para a avaliação de processos educacionais contínuos, como por exemplo a avaliação do objeto desta pesquisa através de um minicurso, o terceiro critério é o mais difícil de ser controlado. Neste trabalho, são adotadas algumas estratégias metodológicas na tentativa de que esse e outros fatores não causem variações no conhecimento ou prática dos participantes, evitando os problemas de validação interna apontados por Campbell e Stanley (1963).

### 3.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

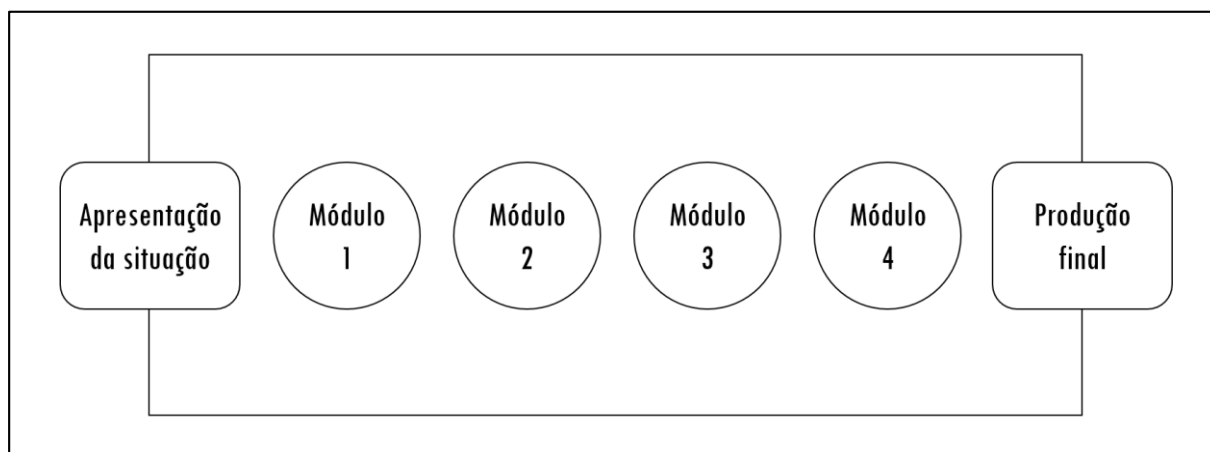
Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004, p. 82) definem sequência didática (SD) como “um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática”. De forma mais ampla, Zabala (2014, posição<sup>24</sup> 274) descreve uma SD como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”.

Nesse contexto, seguindo a estrutura básica para uma SD proposta, como mostra Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004, p. 83), definimos esquematicamente as etapas de nossa SD (Figura 3), compostas pela apresentação da situação, quatro módulos e uma produção final. Assim, a sequência foi organizada com uma estrutura progressiva de construção conceitual daquilo que permitiria explicar a confecção e o funcionamento da célula fotoeletroquímica.

---

<sup>24</sup> A versão digital dos livros, os chamados *ebooks* ou livros eletrônicos, nem sempre mantém as estruturas de numeração de páginas como em sua versão física. As estruturas textuais são definidas por “posição” (como faz o *software* Kindle, da Amazon.com) ou “localização”. Em seu site, o Conselho Regional de Biblioteconomia 1ª Região expõe que não há definição normativa da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) quanto a questão e que, portanto, não seria possível fazer citação de página de tais obras, sendo necessário recorrer à obra física, no caso de trabalhos acadêmicos. Indiscutivelmente, os *ebooks* são obras literárias como suas versões físicas, então, na falta de normatização da ABNT, neste trabalho, optamos por apresentar a “posição” determinada para citação.

Figura 4 - Estrutura esquemática das etapas da sequência didática desenvolvida nesse trabalho.



Fonte: adaptada de Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004, p. 83).

A seguir, faremos uma apresentação sobre o significado de cada uma das etapas, construídas a partir de adaptações do trabalho de Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004). Entretanto, suas temáticas, estruturas conceituais, atividades e exercícios serão apresentadas junto a discussão dos resultados.

### 3.2.1 Apresentação da situação

Segundo Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004, p. 93), um princípio geral de uma SD é a modularidade e a diferenciação, a qual “supõe a realização de atividades intencionais, estruturadas e intensivas que devem adaptar-se as necessidades particulares dos diferentes grupos de aprendizes”. Assim, a etapa de apresentação da situação foi estruturada para que a SD se adequasse ao público alvo desta pesquisa, sem produzir qualquer modificação nas demais etapas quanto a proposta de sua criação: uma ferramenta para o ensino de química e física no ensino básico.

Na etapa de apresentação da situação, foram descritas, de forma detalhada, as perspectivas sob as quais foram fundamentadas a SD e os alunos responderam a dois questionários, que possibilitaram ao professor avaliar as capacidades já adquiridas e ajustar as atividades e os exercícios previstos na sequência às possibilidades e dificuldades reais da turma. Além disso, foi definido o significado da sequência para os alunos, isto é, as capacidades que deveriam desenvolver para compreenderem o principal objeto da SD, a célula fotoeletroquímica.

### 3.2.2 Os módulos

A etapa dos módulos foi constituída por várias atividades e exercícios, fornecendo aos alunos instrumentos necessários para o domínio dos conceitos de física e química inseridos na SD, para permitir um desenvolvimento sistemático e aprofundado do tema energia solar fotoeletroquímica. Os módulos foram desenvolvidos em estruturas temáticas, como descritos a seguir:

- Módulo 1: eletricidade e o uso do multímetro.
- Módulo 2: a luz como fonte de energia.
- Módulo 3: a confecção de células fotoeletroquímicas.
- Módulo 4: o modelo atômico de Bohr e as reações química.

Cada módulo foi estruturado com uma sequência de problemas e instrumentos necessários para resolvê-los. No geral, a SD seguiu um movimento do complexo para o simples, trabalhando em cada módulo uma capacidade necessária para construção de uma estrutura final e ainda mais complexa, a etapa da produção final.

Os módulos foram pensados para propiciarem o desenvolvimento de problemas em diferentes níveis, dos quais distinguimos:

- A representação de uma situação real, para a qual o aluno deveria conseguir associar os fenômenos e conceitos científicos às questões de seu cotidiano.
- A manipulação dos conceitos científicos para resolver os problemas apresentados em cada uma das atividades.
- A estruturação lógica do conhecimento científico para explicar os fenômenos relacionados ao seu cotidiano.
- A realização de simulações lúdicas como representação conceitual de um fenômeno.

Fara favorecer as chances de sucesso no processo de ensino-aprendizagem, cada módulo foi elaborado com atividades diversificadas, dado a cada aluno a possibilidade de ter acesso, por diferentes vias, às noções e instrumentos propostos. Nesse contexto, três categorias podem ser distinguidas:

- A experimentação, que envolveu processos de resolução de problemas e execução de um roteiro de prática de confecção de células fotoeletroquímicas.

- A simulação de conceitos, através de atividades lúdicas, maquetes e softwares de simulação.
- Leitura e interpretação de textos, sempre associados diretamente às atividades de simulação de conceitos.
- Visualização de vídeos ilustrativos de problemas e/ou conceitos relacionados à cada tema.

### **3.2.3 A produção final**

O encerramento da SD com uma produção final permite ao aluno pôr em prática as noções e os instrumentos elaborados separadamente nos módulos. Trata-se de uma produção que permite, também, ao professor realizar uma avaliação global de todo o processo. Assim, esta etapa foi construída para que o aluno pudesse autoavaliar o que havia aprendido e o que restava aprender, seguindo atividades que indicavam objetivos a serem atingidos.

## **3.3 O DESENVOLVIMENTO DAS MAQUETES: INSTRUMENTO DE APOIO À SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Re (2000) lembra que a essência do trabalho trilhado por Galileu Galei estava relacionado à utilização de um modelo e que Einstein também utilizou modelos para estabelecer os fundamentos da mecânica moderna. Na ciência contemporânea, esses modelos permitem a percepção daquilo que é muito pequeno, ou muito grande ou muito complexo para uma observação direta, por meio dos nossos cinco sentidos ou descrições que nos permitam produzir formas mentais (RE, 2000). O mesmo autor acrescenta que, neste caso, os modelos não se referem a estruturas que permitam uma análise crítica segundo as leis que o governam para quaisquer situações e problemas. Eles são objetos representativos de um estudo após o julgamento da razão humana.



Nessa perspectiva, criamos um conjunto de cinco modelos como instrumento didático de apoio à SD, os quais chamamos de maquetes<sup>25</sup>. As maquetes foram idealizadas e dimensionadas em duas e três dimensões em um software de desenho técnico. Então, uma primeira versão de teste foi construída, utilizando EVA<sup>26</sup>, cartolina, pincéis, cola colorida, cola quente e um trilho metálico. As maquetes foram testadas e avaliadas<sup>27</sup> por um grupo de oito alunos do curso de Licenciatura em Química do Ceunes, todos alunos do Pibid.

A segunda versão das maquetes teve seu tamanho reduzido e limitado a no máximo às dimensões de uma folha A3 (297 mm por 420 mm), otimizando o projeto quanto a portabilidade e manuseio. Por questões de durabilidade, as peças da maquete que eram confeccionadas em isopor e EVA passaram a serem construídas em acrílico e MDF<sup>28</sup> de 3 mm de espessura, cortados e gravado à laser. As Figuras 5 a 7 mostram as maquetes confeccionadas em MDF, pintadas com tinta acrílica e spray, adornadas com bolas de isopor, prendedores de papel tipo grampomol, fios de cabo de rede e garras jacaré. A maquete de bonecos com roupas coloridas (Figura 8) foi a única que não sofreu qualquer modificação da primeira para segunda versão das maquetes.

---

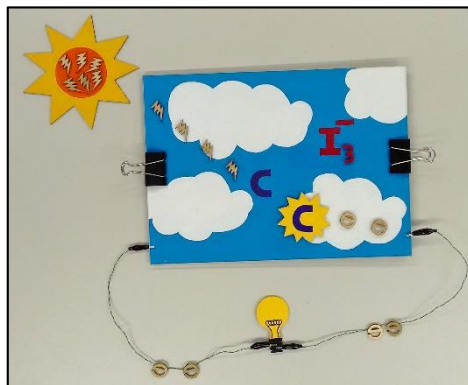
<sup>25</sup> Os alunos do Campus São Mateus do Ifes, Aline Silva Lima e Wilton dos Santos Rocha, bolsista de iniciação científica do Programa Petrobras de Formação de Recursos Humanos – PFRH, orientados por mim no período de outubro de 2013 a outubro de 2015, também são detentores dos créditos de concepção das maquetes.

<sup>26</sup> EVA é a sigla para o copolímero de etileno-acetato de vinila, material comumente comercializado em lojas do tipo papelaria em várias cores e formatos.

<sup>27</sup> Como este trabalho tem como objetivo avaliar uma sequência didática como um todo, não vamos nos ater à questão específica da avaliação do primeiro projeto de maquetes desenvolvidas. Vale lembrar que, quanto modelo representativo, as versões das maquetes têm a mesma funcionalidade, sendo diferentes apenas quanto ao material utilizado e dimensões físicas.

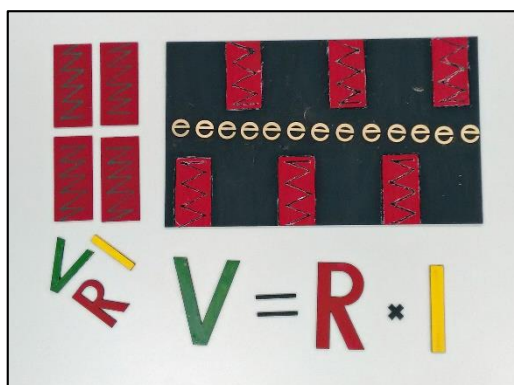
<sup>28</sup> MDF é a sigla para medium density fiberboard, um tipo de aglomerado de fibras de madeira normalmente utilizado em móveis domésticos e comercializado em lojas de especializadas e madeira.

Figura 5 - Maquete da célula fotoeletroquímica contendo as seguintes peças manipuláveis: sol, como fonte de fótons; fótons na forma de raios; fios com garras jacaré; lâmpada; elétrons, na forma de letras “e”; corante excitado, representado por uma letra “C” no centro de uma estrutura amarela no formato de uma estrela e várias pontas; e íon triiodeto ( $I_3^-$ ).



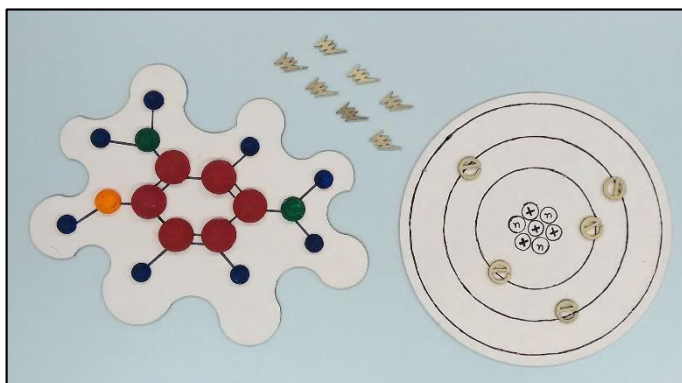
Fonte: foto do autor

Figura 6 - Maquete do fio, apresentando as seguintes peças manipuláveis: resistência elétrica em tamanho maior aquela pintada sobre a maquete, representada pelos retângulos em vermelho; elétrons simulando uma corrente elétrica, representados pela letra “e”; e as variáveis tensão (V), resistência (R) e corrente elétrica (I) representadas por suas respectivas incógnitas em dois tamanhos diferentes.



Fonte: foto do autor

Figura 7 - À esquerda, Maquete da molécula de corante e, à direita, maquete do átomo, segundo o modelo de Bohr. Os elétrons, representados pela letra “e”, e os fótons, representados por estruturas de raios, são peças manipuláveis.



Fonte: foto do autor

Figura 8 – Maquete de bonecos com roupas coloridas, construídos em EVA.



Fonte: foto do autor

Na discussão dos resultados, serão apresentadas as estruturas de cada uma das etapas da SD, quando serão evidenciados os momentos de utilização de cada uma das maquetes aqui apresentadas.

### 3.3.1 Custo de confecção das maquetes

Para construção das maquetes, foram utilizados materiais encontrados em estabelecimentos comerciais do tipo papelaria e lojas de impressão. O preço dos materiais pode variar de acordo com a região à qual o orçamento é realizado.

O custo total para confecção de um conjunto de cinco maquetes da primeira versão, similares às aquelas representadas nas Figuras 4 a 8, foi de R\$ 102,05. No Apêndice A, apresentamos um detalhamento quantitativo de materiais e respectivos valores unitários.

O custo total para confecção de um conjunto de cinco maquetes da segunda versão, representadas pelas Figuras 4 a 8, foi de R\$ 253,76. No Apêndice B, apresentamos um detalhamento quantitativo de materiais e respectivos valores unitários.

Os valores de materiais permanentes como tesoura, régua, pistola de cola quente e estilete não foram computados no cálculo do valor gasto para construção de nenhuma das maquetes, nas tabelas apresentadas nos Apêndices A e B. O trilho de alumínio utilizado na construção da primeira versão da maquete da Figura 5 não teve seu valor especificado, pois tratava-se de um material reaproveitado de sucata.

### 3.4 O DESENVOLVIMENTO DO ROTEIRO DE PRÁTICA DE CONFECÇÃO DE CÉLULAS FOTOELETROQUÍMICAS

Para seu trabalho, Tamir (1977) define laboratório como um lugar onde alunos da disciplina de ciências estão envolvidos em atividades práticas como observação e experimentação. Neste trabalho, apresentamos um roteiro de aula prática desenvolvido para aplicação em escolas que oferecem ou não estrutura física adequada à uma ampla possibilidade de experimentos e que, portanto, pode ser desenvolvido em sala de aula. Assim, trata-se de um roteiro de aula prática, caracterizado como atividade de laboratório segundo a definição de Tamir.

O roteiro de prática de confecção de CF que apresentamos<sup>29</sup> (Apêndice C) foi originalmente adaptado de Azevedo e Cunha ([s.d.]). Logo no início do seu trabalho, Azevedo e Cunha propõem a utilização de um “vidro com uma camada condutora e transparente ( $\text{SnO}_2$ )”. Em 2009, isto nos levou a pensar na utilização do vidro laminado comercializado em qualquer vidraria, por ser produzido pelo processo *float* e possuir um pequeno depósito de óxido de estanho. Na verdade, Azevedo e Cunha se referiam ao vidro ITO<sup>30</sup>, que possui uma camada manométrica de óxido de índio e titânio e, por isso, possui baixa resistência a passagem de corrente elétrica.

---

<sup>29</sup> Além de mim, incluo como autoras deste roteiro minhas ex-alunas de iniciação científica, Beatriz Ottoni Azevedo Porto Miranda, Brenda da Cunha Feitoza e Karolina Ribeiro Costa, as quais orientei no período de 2009 a 2012, enquanto eram alunas do Campus São Mateus do Ifes.

<sup>30</sup> ITO é a sigla utilizada para *índium-tin-oxide* (em português, óxido de índio e titânio).

Mesmo em um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia<sup>31</sup>, nosso problema para reproduzir um experimento estava muito além de conseguir alguns pedaços de vidro ITO. Não possuíamos um forno que atingisse a temperatura para o roteiro seguido e não tínhamos (ainda não temos) um laboratório de ciências para preparação de uma solução de iodeto de potássio (KI). Contornar cada um destes obstáculos é o que nos permite afirmar que temos uma proposta genuína e que estimulou a criação de toda a SD deste trabalho, uma vez que cada um de seus módulos foram criados em função do processo de investigação conduzido por três alunas de EM durante suas atividades de iniciação científica.

### **3.4.1 Telas *touch screen* descartadas: uma alternativa ao vidro ITO**

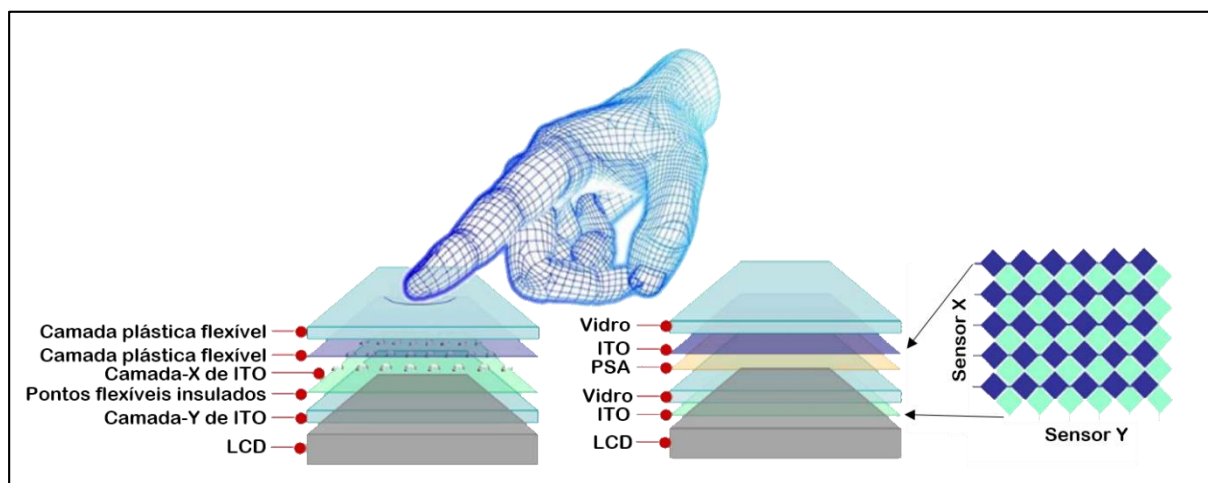
A indústria produz muito materiais condutores e transparentes, que possibilitam, dentre outras utilizações, a produção de células fotoeletroquímicas. A maioria destes materiais são plásticos ou vidros que recebem uma fina camada de ITO. Entretanto, são materiais de alto valor agregado, que seriam economicamente inviáveis para um instrumento didático que prima pela facilidade de acesso aos seus materiais.

As telas touch screen utilizadas, por exemplo, em monitores de computador e telas de telefones celulares do tipo *smartphones*, são produzidas com vidro ou material polimérico (plásticos) que recebe uma fina camada de ITO (Figura 9). Essas telas são transparentes e condutoras, permitindo que um simples toque produza interação entre usuário e imagens produzidas pelos monitores e celulares.

---

<sup>31</sup> Nome que se dá os IFs (instituto federais) espalhados ao país.

Figura 9 - Empilhamento de camadas para telas resistivas (a esquerda) e capacitivas (a direita).



Fonte: Imagem adaptada de Kolokowsky e Davis (2009).

Conseguir telas *touch screen* quebradas de telefones celulares não é uma tarefa difícil, principalmente no Brasil, que é o quarto maior mercado de celulares do mundo (G1, 2015b). Além disso, com a alta do dólar, muitas pessoas estão preferindo consertar o celular quebrado ao invés de comprar um aparelho novo (R7, 2015).

Nesse contexto, para prática de confecção CF, substituímos o vidro ITO comercial pela estrutura (de vidro ou de polímero) com depósito de ITO presentes em telas *touch screen* descartadas de oficinas de manutenção de aparelhos celulares e tablets. Para este trabalho, distribuímos cinco caixas de coleta de telas (Figura 10) em cinco oficinas do município de São Mateus e em poucas semanas recebemos a doação de mais de duas centenas de telas.

Figura 10 - Cata Telas (caixas de papelão, encapadas e com adesivos) utilizadas para coleta de telas *touch screen* quebradas em lojas de concerto telefones celulares.



Fonte: foto do autor.

### 3.4.2 Outras alternativas à prática sem a estrutura de um laboratório

Como os primeiros testes com telas *touch screen* foram realizados com estruturas poliméricas, a utilização de um forno mufla levaria a decomposição do substrato. Então, a pasta de óxido de titânio sobre a superfície condutora passou a ser secada apenas com um secador de cabelos.

Inicialmente, até recorremos a um laboratório de química do Ceunes para conseguirmos um pouco de solução de iodeto de potássio. Mas, a solução doada só podia ser utilizada no laboratório da Ufes, o que continuava sendo um problema, pois todos os experimentos eram realizados na casa das alunas. Então, descobrimos que solução de iodeto<sup>32</sup> de potássio é vendida livremente em farmácias como medicamento para tosse a um custo baixíssimo, se comparado a quantidades de experimentos que se pode fazer com um frasco de 100 mL.

Além de resolvermos os três principais problemas, passamos a substituir alguns instrumentos comuns em laboratórios de química e sugeridos no roteiro de Smestad e Grätzel (1998). O bastão de vidro, graal, pistilo e pipeta foram, respectivamente substituídos por um tubo de caneta cilíndrico e liso, uma tigela de porcelana, uma colher de sobremesa e uma seringa de 5 mL. A solução de ácido acético foi substituída por vinagre.

Mesmo com todas as modificações, utilizando uma solução de KI quatro vezes mais diluída (xarope) e uma solução de ácido acético sem controle de concentração, o roteiro de prática de confecção de células fotoeletroquímicas possibilitou, nos primeiros testes, a construção de CF com tensão elétrica superior a 50% da tensão obtida por Grätzel (2001) – 0,7 a 0,8 V – para corantes de rutênio com alta eficiência de conversão de energia luminosa em energia elétrica.

---

<sup>32</sup> Um exemplo é o Xarope Neo, da fabricante Neo Química, que é comercializado em frasco de 100 mL com concentração de 100 mg de KI para cada 5 mL de solução (0,12 mol/L)

### 3.4.3 Custo da prática de confecção de células fotoeletroquímicas

Para atividade prática de confecção de CF, foram utilizados materiais encontrados em lojas de material de construção, papelarias, farmácias, lojas de utilidades domésticas e lojas especializadas em produtos químicos. O preço dos materiais pode variar de acordo com a região à qual o orçamento é realizado.

O custo total estimado para confecção de 50 CF foi de R\$ 122,91, cerca de R\$ 2,46 por CF. No Apêndice D, apresentamos um detalhamento quantitativo de materiais e respectivos valores unitários. Os valores de materiais permanentes como tesoura e régua, bem como os equipamentos (multímetro e secador de cabelos) não foram computados no cálculo do valor gasto para prática de confecção das CF. Na prática realizada para este trabalho, também não computamos nos custos as telas *touch screen*, que são materiais reaproveitados. O valor do corante pode variar de acordo com o tipo de corante que se pretende utilizar, podendo até mesmo ser utilizado corante natural, extraído artesanalmente.

## 3.5 O DELINEAMENTO DA PESQUISA

Para avaliar a SD desenvolvida neste trabalho quanto a sua potencialidade de aplicação em sala de aula, esta pesquisa foi realizada com 34 alunos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas (LCB) e Licenciatura em Química (LQ) do Ceunes, que foram selecionados de acordo com os seguintes critérios:

- Ser aluno dos cursos de LCB ou LQ.
- Preferencialmente, ter participado ou participar Pibid.

Foram escolhidos alunos de LCB e LQ pelos seguintes motivos:

- A SD foi fundamentada para o ensino de química e física no ensino básico e são os alunos de LQ que se preparam para futuramente atuarem com o ensino de química no EM.
- Apesar do curso de LCB ser fundamentado na prática de ensino de biologia, também é o curso responsável pela formação da grande maioria dos



professores que atuarão na disciplina de ciências do ensino fundamental, tendo como responsabilidade o ensino de química e física.

Os participantes da pesquisa foram escolhidos a partir de uma amostragem estratificada (COHEN; MANION; MORRISON, 2007, p. 111) e não foram testados randomicamente. A pesquisa foi realizada durante um minicurso, durante o qual a SD foi desenvolvida. O minicurso foi ofertado em três locais diferentes da Ufes, nos meses de agosto e setembro de 2015, permitindo que o aluno repusesse uma aula perdida em qualquer uma das outras turmas. Para conseguir a adesão dos participantes foi solicitado ao coordenador do curso LCB e aos coordenadores do Pibid de Química e de Biologia, da Ufes, que divulgassem aos alunos o minicurso que apresentaria uma proposta metodológica de ensino de ciências em meio a temática energia solar, com carga-horária total de 12 horas. Como incentivo aos participantes, o minicurso foi oferecido sem nenhum custo e com emissão de certificado (Apêndice E) àqueles que cumprissem presença mínima de 75% do curso.

Ao todo, 50 alunos de LCB e LQ participaram do minicurso, incluindo bolsistas e não bolsistas do Pibid. Somente os 34 alunos que participaram consecutivamente de todas as seis etapas da SD, aplicadas no minicurso, foram considerados para amostragem desta pesquisa. O Quadro 4 apresenta o perfil dos alunos que participaram desta pesquisa. Aqueles que participaram parcialmente do minicurso ou não concluíram cada uma das seis etapas na sequência de planejamento das atividades foram excluídos da amostragem. O Apêndice F apresenta a lista de frequência dos alunos para cada uma das três turmas do minicurso.

Quadro 4 - Perfil do grupo amostral da pesquisa.

Características		LCB	LQ	Total (LCB + LQ)
Total de participantes		26	8	34
Sexo	Mulher	23	7	30
	Homem	3	1	4
Idade	< 25	17	6	23
	$25 \leq idade < 30$	6	2	8
	$\geq 30$	3	0	3
Bolsista Pibid	Sim	26	8	32
	Não	3	0	3
Tempo de atuação como bolsista Pibid (em meses)	$\leq 6$	15	3	18
	$6 < tempo \leq 12$	1	1	2
	$12 < tempo \leq 24$	4	4	8
	$> 24$	4	0	4
Séries em que cumpriu/cumpria estágio em docência durante a participação no Pibid	5º ano do ensino fundamental	1	0	1
	6º ano do ensino fundamental	8	0	8
	7º ano do ensino fundamental	7	0	7
	8º ano do ensino fundamental	3	0	3
	9º ano do ensino fundamental	3	0	3
	1º série do ensino médio	10	8	18
	2º série do ensino médio	12	7	19
	3º série do ensino médio	12	5	17

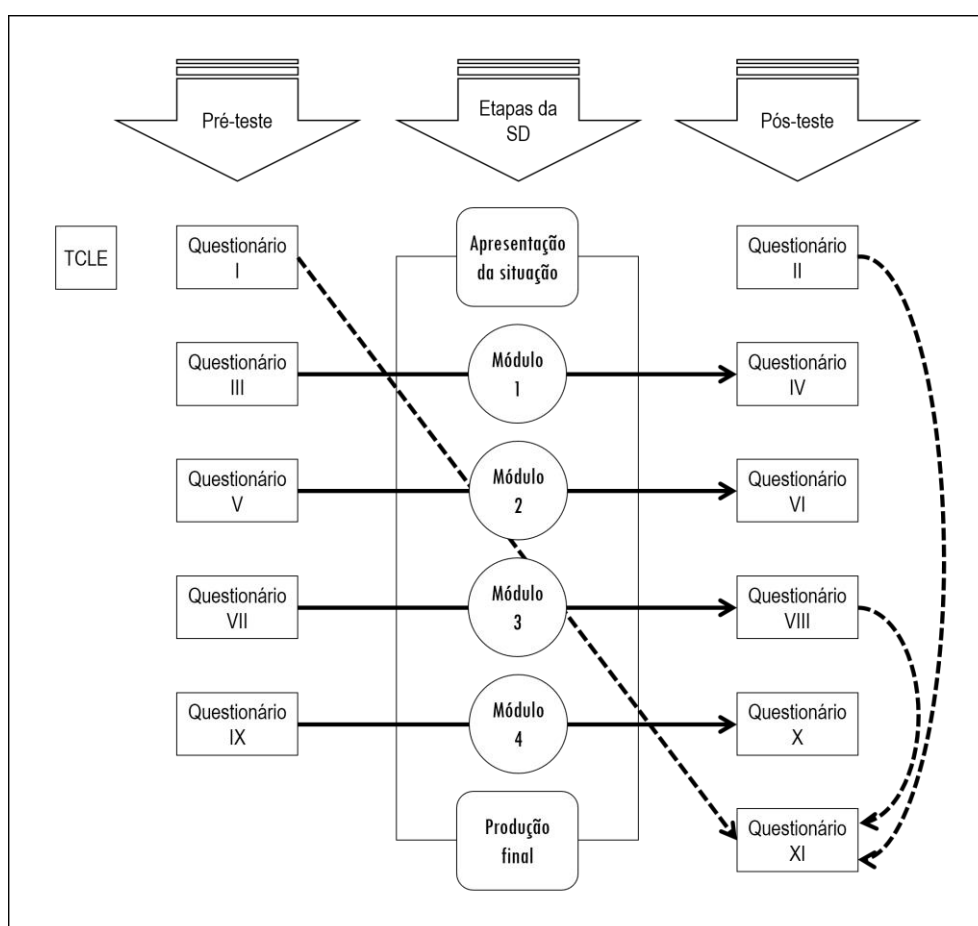
Fonte: dados do autor.

O grupo amostral era predominantemente do sexo feminino (88%), assim como o perfil dos alunos dos cursos de LCB e LQ. Os alunos tinham em média 24,5 anos de idade. Apenas quatro alunos já haviam atuado como docentes, três por um período não maior do que um ano em turmas de ensino fundamental, e outra por um período de três anos em turmas de nível médio em um curso técnico em mecânica.

Para coleta de dados foi adotado o delineamento pré-experimental pré-teste e pós-teste (CAMPBELL; STANLEY, 1963) sem distribuição aleatória dos sujeitos pelos tratamentos (etapas da SD) e sem grupo-controle. Os pré-testes e pós-testes foram realizados com a aplicação de 11 questionários (Apêndices G a Q) aplicados durante o minicurso.

Campbell e Stanley (1963) destacam a história (o tempo) como um viés que ameaça a validade de uma do delineamento pré-experimental pré-teste e pós-teste. Assim, para evitar que eventos externos pudessem provocar esse viés, os questionários sempre foram aplicados durante o minicurso, antes do início e logo ao término de cada etapa da SD. A Figura 11 apresenta a sequência de aplicação de cada um dos questionários, relacionando-os com as etapas da SD e entre si com relação as questões comparáveis dos questionários de pré e pós-teste.

Figura 11 – Esquema de relação temporal para aplicação de cada um dos questionários em relação as etapas da SD e relação (setas) entre questões pré e pós-tratamento dos questionários. As setas contínuas indicam as relações entre questões que não sofrem ameaça temporal. As relações indicadas pelas setas pontilhadas podem sofrer ameaça temporal.



Fonte: esquema do autor.

Os questionários foram respondidos de forma escrita pelos participantes do minicurso, por isso são classificados como questionários auto-administrados, quando o sujeito responde sozinho sem precisar de um administrador. Ao todo, os questionários

continham 139 questões, das quais 93 eram questões objetivas e 46 eram questões discursivas.

Esta pesquisa não foi submetida a nenhum comitê de ética em pesquisa cadastrado na Plataforma Brasil<sup>33</sup>, apesar de se enquadrar na Resolução nº 466<sup>34</sup>, de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde (CNS), como pesquisa envolvendo seres humanos. Entretanto, a primeira medida adotada ao iniciar o minicurso foi quanto ao cumprimento da exigência ética de esclarecer aos participantes sobre os procedimentos a serem adotados durante toda a pesquisa e sobre os possíveis riscos e benefícios. Todos os participantes do minicurso cederam voluntariamente suas percepções quanto ao protótipo didático ao assinarem um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (Apêndice R)

### 3.6 A ANÁLISE DOS DADOS

Devido às características dos formulários e questões que os compunham, dois métodos de análise diferentes foram utilizados para tratamento dos dados: a análise do conteúdo descrita por Bardin (2011) e a análise estatística. A sistematização e operacionalização dos dados foi realizada através de uma pré-análise, seguida de sua codificação (quando necessária), para, então, iniciar a análise de dados propriamente dita.

#### 3.6.1 A pré-análise dos dados

A pré-análise dos dados “tem por objetivo tornar operacional e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise” (BARDIN, 2011, p. 125). Neste trabalho, sistematizamos a pré-análise segundo os seguintes critérios apontados por Bardin

---

<sup>33</sup> A Plataforma Brasil é uma base nacional e unificada de registros de pesquisas envolvendo seres humanos e pode ser acessada através do link: <http://aplicacao.saude.gov.br/plataformabrasil>.

<sup>34</sup> Diretrizes e normas regulamentadoras estabelecidas na resolução devem ser cumpridas nos projetos de pesquisa envolvendo seres humanos que devem ainda atender aos fundamentos éticos e científicos também elencados na resolução nº 466/2012 do CNS.

(2011, p. 126): a leitura “flutuante”, a regra da representatividade, a regra da homogeneidade e a regra da pertinência.

A leitura “flutuante” foi constituída do primeiro contato com as repostas aos questionários aplicados, deixando-se invadir por impressões e orientações. Assim, foi possível decidir sobre a técnica de análise mais adequada a ser adotada para o conjunto de dados.

A regra da representatividade foi determinante para escolha da amostra que seria analisada. Para generalizar o resultado à amostra como um todo, tratando-se da análise de uma SD segmentada em diferentes momentos, para análise dos dados foram utilizados apenas os questionários referentes aos alunos que participaram de todas as etapas da SD.

Apesar dos dados terem sido coletados em diferentes momentos, com diferentes grupos, a regra da homogeneidade reforça a validade da relação entre os dados coletados, uma vez que os questionários foram aplicados a indivíduos semelhantes, sempre adotando a mesma técnica.

Para os objetivos deste trabalho, algumas questões não têm significativa relação de importância e, portanto, foram excluídas<sup>35</sup> do processo de análise de dados segundo o princípio pertinência: “os documentos retidos devem ser adequados enquanto fonte de informação, de modo a corresponderem ao objetivo que suscita a análise” (BARDIN, 2011, p. 128).

### **3.6.2 A codificação dos dados**

Os dados obtidos com os questionários foram codificados e organizados em uma planilha de banco de dados para que pudessem ser analisados. A codificação dos dados levou em consideração três fases de edição descritas por Moser e Kalton (1997, *apud* COHEN, MANION, MORRISON, p. 348):

- A verificação quanto a existência de resposta para as perguntas;

---

<sup>35</sup> As seguintes questão não fizeram parte do conjunto de dados discutidos e apresentados neste trabalho: I.1.1, I.1.4, I.1.5, I.1.6, I.1.8, I.1.12, I.1.13, I.1.14, I.1.15, I.1.16, I.1.17, I.1.18, I.1.19, II.2.1, **XI.2.1, II.2.2** e XI.2.3.

- A verificação quanto a precisão da resposta;
- A verificação quanto a correta interpretação das perguntas e respostas.

Nos casos em que as verificações acima descritas impossibilitaram a codificação, os participantes do minicurso foram contatados para os devidos ajustes e esclarecimentos.

O método de codificação adotado é descrito em cada uma das estruturas de análise de dados apresentadas a seguir.

### **3.6.3 Análise do conteúdo**

Bardin (2011, p. 44) lembra que “a análise do conteúdo aparece como um conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens”. Algumas dessas técnicas foram utilizadas para interpretação do conjunto de respostas às questões objetivas dos questionários de coleta de dados, com o objetivo de inferir<sup>36</sup> sobre duas questões citadas por Bardin (2011, p. 45):

- O que levou a determinado enunciado (resposta) ao questionário;
- Quais as consequências que determinada resposta vai provavelmente provocar.

Como afirma Bardin (2011, p. 37), a análise do conteúdo “não se trata de um instrumento, mas de um leque de apetrechos; ou, com maior rigor, será um único instrumento, mas marcado por uma grande disparidade de formas e adaptável a um campo de aplicações muito vasto: as comunicações.” Nesse contexto, codificamos os dados por unidade de registro e por unidade de contexto e os analisamos utilizando três técnicas: a análise de frequência, a análise das coocorrências textuais e a regra de enumeração.

---

<sup>36</sup> Inferir: deduzir por meio de raciocínio, tirar por conclusão ou consequência (Michaelis, Dicionário de Português on-line)

### 3.6.3.1 Análise da frequência

Para essa análise, os dados foram codificados como unidades de registro, que correspondem ao segmento de conteúdo considerado unidade de base, visando a categorização e contagem de frequência (BARDIN, 2011, p. 134).

Segundo Bardin (2011, p. 138), a análise de frequência, em geral, é a medida mais utilizada para enumeração e distinção entre unidades de registro e corresponde ao seguinte postulado (“válido em certos casos e em outros não”): a importância de uma unidade de registro aumenta com a frequência de aparições.

Para este trabalho, a frequência de aparições de cada uma das unidades de medida foi tratada com mesmo peso, ou seja, importância igual. Assim, a regularidade quantitativa de aparição é, portanto, aquilo que se considera como significativo (BARDIN, 2011, p. 139).

A análise de frequência foi adotada para as seguintes questões: IV.3.12, IV.3.13, VI.4.8, VI.4.9, VIII.5.7, VIII.5.8, X.7.11, X.7.12, XI.8.3, XI.8.4, XI.8.24 e XI.8.25.

### 3.6.3.2 Análise das coocorrências textuais

Para análise da questão I.1.22, os dados foram codificados como unidades de contexto (BARDIN, 2011, p. 137). Então, seguindo o procedimento descrito por Bardin (BARDIN, 2011, p. 261), as unidades de contexto e unidades de registro das questões I.1.21 e I.1.22 foram organizadas em uma matriz de dados brutos, onde suas presenças (ou não) foram relacionadas a cada um dos indivíduos respondentes. Em seguida, foi determinado coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) entre cada uma das unidades de contexto, como forma de mensurar o grau de relacionamento entre os pares de variáveis.

### 3.6.3.3 A enumeração

A regra da enumeração é um modo de contagem de um conjunto de unidades de registro (BARDIN, 2011, p. 138), que foi utilizado neste trabalho para codificar as

respostas discursivas (abertas) do seguinte conjunto de questões: III.3.1, IV.3.1, III.3.2, IV.3.2, III.3.3, IV.3.3, III.3.4, IV.3.4, III.3.5, IV.3.5, III.3.6, IV.3.6, V.4.3, VI.4.3, IX.7.1, X.7.1, IX.7.2, X.7.2, IX.7.3, X.7.3, IX.7.4 e X.7.4.

Para cada uma das questões, forma pré-determinadas unidades de registros, todas com peso igual a um (1). A soma de cada uma das unidades de registros presentes determinou a enumeração da resposta. As respostas que não apresentaram nenhuma das unidades de registro foram enumeradas com valor igual a zero (0). Posteriormente, as questões enumeradas foram tratadas estatisticamente, como será apresentado a seguir.

#### **3.6.4 Análise estatística**

Para responder aos objetivos do estudo foram utilizadas metodologias básicas de análise exploratória de dados (média, mediana, desvio padrão, frequência relativa e frequência absoluta), e os testes não paramétricos descritos por Lehmann (1975): o teste de Wilcoxon para dados pareados e o teste do sinal para a mediana.

Para fins de análise, as variáveis foram categorizadas em temporais – aquelas que sofrem efeito do tempo, ou seja, que podem ser influenciadas pela SD – e não temporais. Por sua vez, cada uma dessas categorias foi dividida em variáveis ordinais e categóricas. As variáveis categóricas, são, por exemplo aquelas que apresentam categorias como possibilidade de resposta, como “sim”, “não” e “não sei”. Por sua vez, as variáveis ordinais são aquelas para as quais se pode ordenar um conjunto de categorias, por exemplo, por intensidade da resposta. O Quadro 5 relaciona cada um dos tipos de variáveis às análises estatísticas aplicadas.



Quadro 5 - Variáveis, tipos de variáveis e tratamento estatístico aplicado.

Tipo de variável		Variável	Análise estatística aplicada
Temporal*	Ordinal	I.1.25 e XI.1.25, III.3.1 e IV.3.1, III.3.2 e IV.3.2, III.3.3 e IV.3.3, III.3.4 e IV.3.4, III.3.5 e IV.3.5, III.3.6 e IV.3.6, III.3.8 e IV.3.8, III.3.9 e IV.3.9, V.4.3 e VI.4.3, V.4.4 e VI.4.4, V.4.5 e VI.4.5, VII.5.1 e VIII.5.1, VII.5.3 e VIII.5.3, VII.5.4 e VIII.5.4, IX.7.1 e X.7.1, IX.7.2 e X.7.2, IX.7.3 e X.7.3, IX.7.4 e X.7.4, IX.7.5 e X.7.5, IX.7.6 e X.7.6, IX.7.8 e X.7.7, IX.7.9 e X.7.8.	Média, mediana, desvio padrão e teste de Wilcoxon
	Categórica	I.1.28 e XI.1.28, I.1.29 e XI.1.29, I.1.30 e XI.1.30, III.3.7 e IV.3.7, V.4.1 e VI.4.1, V.4.2 e VI.4.2, VIII.6.1 e XI.6.1, VIII.6.2 e XI.6.2, VIII.6.3 e XI.6.3, VIII.6.4 e XI.6.4.	Frequência absoluta e relativa
Não temporal	Ordinal	I.1.23, I.1.24, I.1.26, I.1.27, IV.3.10, IV.3.11, VI.4.6, VI.4.7, VIII.5.5, VIII.5.6, X.7.9, X.7.10, XI.8.1, XI.8.2, XI.8.5, XI.8.6, XI.8.7, XI.8.8, XI.8.9, XI.8.10, XI.8.11, XI.8.12, XI.8.13, XI.8.14, XI.8.15, XI.8.16, XI.8.17, XI.8.18, XI.8.19, XI.8.20, XI.8.21, XI.8.22, XI.8.23.	Frequência relativa, média, mediana, desvio padrão e teste do sinal da mediana
	Categórica	I.1.2, I.1.3, I.1.7, I.1.9, I.1.10, I.1.11, I.1.20, I.1.21, VII.5.2 e VIII.5.2.	Frequência absoluta e relativa

\*para este parâmetro, as variáveis apresentam-se emparelhadas tal como foram comparadas temporalmente.

O teste de Wilcoxon foi utilizado para comparar a influência significativa ou não da SD para variáveis ordinais que são influenciadas com o tempo. Para amostras pareadas em que a comparação mostrou mudança significativa entre as pontuações dos dois momentos (antes e depois), o p-valor sempre assumirá valor menor que 0,05 <sup>37</sup>, enquanto a diferença entre as medianas apontará o sentido da influência (positiva ou negativa).

Uma vez que as variáveis não temporais ordinárias assumem valores de 1 a 5, o teste do sinal foi utilizado para avaliar se a mediana de uma variável ordinal é estaticamente superior a 3, ou seja, verificar se há uma tendência estatisticamente significativa de pontuações mais altas (4 e 5). Resultados de p-valor menor do que 0,05 indicam a tendência de pontuações mais altas.

<sup>37</sup> Todos os testes de hipóteses desenvolvidos nesse trabalho consideraram uma significância de 5%.

### 3.7 ANÁLISE ESTRUTURAL DAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

Para normatizar a análise da estrutura da SD de cada um dos módulos, utilizamos a diferenciação dos conteúdos de aprendizagem segundo a proposta de Zabala (2014, posição 797). Assim, os conteúdos foram classificados como conceitual, procedimental e atitudinal, permitindo uma identificação mais precisa da intenção educacional. O Quadro 6 apresenta um resumo do significado de cada uma das características tipológicas.

Quadro 6 - Tipologias de aprendizagem do conteúdo segundo Zabala.

Tipologia	Característica
Conteúdo conceitual (saber)	Não se trata apenas dos conceitos, mas, também de sua “compreensão que vai muito além da reprodução de enunciado mais ou menos literais” (ZABALA, 2014, posição 884).
Conteúdo conceitual (saber)	“São um conjunto de ações ordenadas e com um fim” (ZABALA, 2014, posição 920).
Conteúdo atitudinal	“Engloba uma série de conteúdos que por sua vez podem ser agrupados em valores, atitudes e normas” (ZABALA, 2014, posição 953).

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados desta dissertação, na forma de tabelas, gráficos e figuras, acompanhados das respectivas análises e discussões. A discussão foi dividida de acordo com cada uma das etapas descritas para SD na Figura 3.

### 4.1 APRESENTAÇÃO DA SITUAÇÃO

Segundo Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004, p. 84) “a apresentação da situação visa expor aos alunos um projeto [...] que será realizado ‘verdadeiramente’ na produção final”, no caso deste minicurso, a análise da viabilidade da SD apresentada como atividade para o ensino de ciências no EF e EM. Ao mesmo tempo, essa etapa serviu para prepara os alunos de LCB e LQ para uma reflexão crítica quanto ao desenvolvimento das etapas seguintes. O Quadro 6 apresenta os objetivos, atividades e materiais que foram utilizados no desenvolvimento desta etapa, que teve duração de aproximadamente uma hora.

A primeira dimensão desta etapa foi a apresentação do problema norteador do minicurso: a avaliação de uma SD. Assim, uma explicação prévia ao TCLE foi utilizada como instrumento para que os alunos compreendessem a situação que seria desenvolvida durante o minicurso: uma sequência didática, apresentada tal como preparada para alunos de ensino básico, envolvendo conceitos de química e física associados a um dispositivo tecnológico.

A segunda dimensão da etapa foi a dos conteúdos, na qual os alunos puderam perceber a importância do incremento temático e interdisciplinar para o desenvolvimento de diferentes conceitos de ciências. Para isso, as atividades de discussão do Quadro 6 foram realizadas coletivamente, permitindo que todos apresentassem e comparassem suas respostas/percepções sobre os assuntos em questão.

Quadro 7 - Estrutura da etapa de apresentação da situação da SD.

Objetivos	Atividade	Material
1 Tomar consciência quanto aos objetivos do minicurso.	Leitura do TCLE.	TCLE
2 Induzir a percepção dos alunos quanto aos assuntos que seriam desenvolvidos na SD.	Responder o Questionário I.	Questionário I.
3 Compreender as características do ensino de ciências para o ensino básico, segundo o PCN.	Discussão sobre as questões I.1.20 a I.1.22.	Respostas do Questionário I.
4 Tomar conhecimento quanto à tecnologia e ciência envolvidas na produção de CF.	Observação de vídeo sobre a produção de CF.	Vídeo <sup>38</sup> .
5 Induzir uma reflexão individual quanto a experimentação com CF para o ensino de ciências do ensino básico.	Responder o Questionário II.	Questionário II.
6 Discutir a possibilidade de utilização da experimentação com CF para o ensino de ciências no ensino básico.	Discussão sobre as questões II.2.1 e II.2.2.	Respostas do Questionário II.

Fonte: autor.

#### 4.1.1 Conhecimento dos alunos de LCB e LQ antes da intervenção: ensino de ciências no ensino fundamental

O Questionário I foi aplicado antes de qualquer intervenção do minicurso, permitindo caracterizar a amostra quanto ao perfil dos respondentes (Quadro 4) e quanto as questões conceituais necessárias para análise da SD.

A sequência de ensino apresentada neste trabalho foi avaliada com o propósito de verificar suas potencialidades para implementação no EF e no EM. Para tanto, foi necessário examinar o conhecimento prévio do grupo amostral e informa a correta interpretação a ser dada ao desenvolvimento dos conceitos de física e química para os diferentes níveis de ensino, em função do que propõe o PCN.

---

<sup>38</sup> Para apresentação do processo tecnológico e conceitos científicos envolvidos na produção industrial das células de CF foi utilizado um vídeo institucional da *G24 Power*, que apresenta que trata da produção de uma CF batizada como GCell. O vídeo foi traduzido e legendado por mim e encontra-se disponível para acesso no seguinte link: <https://youtu.be/VHIRMRxA3Pc>.

Vale lembrar que a sequência didática proposta é uma atividade interdisciplinar, com possibilidades distintas de planejamento de aula para o desenvolvimento de conceitos de química e física em cada um dos níveis de ensino. Durante a discussão pós-questionário, pudemos perceber que os alunos de LCB e LQ claramente distinguiram Química e Física como disciplinas distintas do EM e que uma atividade interdisciplinar poderia demandar uma ação integrada entre professores.

Entretanto, ao responderem o questionário, mostraram-se muito duvidosos com as relações limítrofes da discussão dos conteúdos de física e química no EF, pela usual separação das áreas do conhecimento da disciplina de ciências em estruturas estanques de tratamento conceitual (CACHAPUZ et al., 2005, p. 31). Os próximos parágrafos são dedicados à discussão das respostas dos alunos a estas questões.

Considerando que as respostas aos questionários tenham influência do Projeto Pedagógico de Curso (PPC) de LCB e de LQ, vale observar que:

- O PPC de LCB (TOSTA et al., 2010) apresenta como objetivo a formação de professores para o EM, entretanto, destina 200h de estágio supervisionado para atividades no EF, além de prever a possibilidade de atividades complementares de ensino e pesquisa no EF.
- O PPC de LQ (BIANCO; GRECO, 2009) apresenta como proposta do curso a formação de professores para atuarem no ensino fundamental e médio, entretanto, nas ementas do curso e no restante do PPC, não apresenta atividades voltadas à formação de um profissional para atuar no EF.

Também levando em consideração o PPC de cada um dos cursos, as respostas dadas as questões I.1.20 a I.1.22 (Figura 11) foram utilizadas para testar as hipóteses I e II:

- I. Os alunos de LCB e LQ acreditam que a compartimentalização dos conteúdos de ciências, como usualmente ocorre no ensino fundamental, é preconizada pelo PCN.
- II. Os alunos de LCB e LQ acreditam que o ensino de ciências, no ensino fundamental, é preparatório para o ensino médio.

Figura 12 - Questões I.1.20 a I.1.22.

(I.1.20) Provavelmente, quando você cursou o ensino fundamental, aprendeu conteúdos de biologia nas aulas de Ciências do 5º ao 8º ano e, então, no 9º ano estudou um semestre de química e um semestre de física. Essa estrutura curricular é coerente à proposta do PCN do ensino fundamental?		
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Não sei responder
(I.1.21) O ensino de Ciências Naturais, no Ensino Fundamental, pode ser pensado como propedêutico ou preparatório para o Ensino Médio?		
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Não sei responder
(I.1.22) Se sim, por que? Se não, por que?		

Fonte: autor.

Ao analisarmos as respostas à questão I.1.20, percebemos que a hipótese I é falsa para apenas 9% (N = 3) dos alunos e verdadeira para outros 26% (N = 9). Entretanto, a maioria, 65% (N = 22), teve dúvida quanto a correta estrutura curricular a ser adotada no ensino de ciências do EF. Apesar do PPC de LCB apresentar uma carga-horária mais efetiva para formação de docentes para o EF, as respostas entre os alunos de LCB e LQ não apresentam diferenças significativas (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise descritiva das respostas à variável categórica I.1.20 para cada um dos cursos de origens dos respondentes (LCB e LQ), para N = 34.

Curso	Categoria	N	%
LCB	não sei	16	62%
	não	3	12%
	sim	7	27%
LQ	não sei	6	75%
	não	0	0%
	sim	2	25%

Quanto a compartimentalização do ensino de ciências no EF, o PCN (BRASIL, 1998, p. 27) apresenta uma crítica a consagrada metodologia de ensino do 5º ao 9º ano que trata as áreas do conhecimento como disciplinas distintas no ensino de ciências, abordando, por exemplo, a “Física como fórmulas” e a “Química como modelo atômico-molecular e tabela periódica”. Como resultado disso,

As interações entre os fenômenos, e destes com diferentes aspectos da cultura, no momento atual ou no passado, estudadas recentemente com maior ênfase nas Ciências Naturais, estão ausentes. (BRASIL, 1998, p. 27)

Talvez a percepção errônea e duvidosa dos alunos de LCB e LQ (Tabela 1) nem seja consequência do PPC, mas um reflexo da experiência pessoal de cada um durante o estágio curricular ou, até mesmo, da experiência de quando era aluno do EF. Deste possível reflexo, Chassot (BIZZO; CHASSOT, 2013, p. 119) faz uma dura crítica ao afirmar que “parece que há um convite – rejeitado por muitos professores e escolas – para abandonar posturas disciplinares (cartesianas)”.

Ao analisarmos as respostas à questão I.1.21, percebemos que a hipótese II é falsa para 12% (N = 4) dos alunos, enquanto 35% (N = 12) tem dúvida sobre o assunto. Entretanto, a maioria, 53% (N = 18), garante status de verdadeira a hipótese II, pois acreditam que o ensino de ciências, no ensino fundamental, é preparatório para o EM. A Tabela 2, mostra que não há uma concordância entre as respostas dos alunos da LCB e LQ (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise descritiva das respostas à variável categórica I.1.20 para cada um dos cursos de origens dos respondentes (LCB e LQ), para N = 34.

Curso	Categoria	N	%
LCB	não sei	8	31%
	não	2	8%
	sim	16	62%
LQ	não sei	4	50%
	não	2	25%
	sim	2	25%

Vinte e dois alunos responderam sim ou não para questão I.1.21 e justificaram suas respostas na questão seguinte. A Tabela 3 apresenta as unidades de registro temáticas da questão I.1.22 relacionadas as respostas para questão I.1.21, para análise das coocorrências textuais (BARDIN, 2011, p. 261).

Tabela 3 - Matriz de dados brutos para as coocorrências textuais das respostas das questões I.1.22 e I.1.21, para N = 22.

Aluno	Contexto do registro*			
	I.1.21		I.1.22**	
	Sim	Não	(A) Forma simplificada do conteúdo do EF, em relação ao EM	(B) Conteúdo do EF contido no conteúdo do EM
1	+		+	+
2	+			
3	+		+	+
4	+			+
5	+		+	+
8	+			+
9	+		+	+
10	+		+	+
12	+		+	+
14	+		+	+
15	+		+	
16	+			
17		+		
18	+		+	+
21		+	+	
22		+	+	+
24	+		+	+
27	+		+	+
29		+		
30	+			
32	+			+
34	+			

\* O sinal “+” representa a ocorrência do contexto de registro para cada indivíduo.

\*\* Aqui, a unidade registro utilizada foi o tema, que, segundo (BARDIN, 2011, p. 135) “é uma unidade de significação que se liberta naturalmente de um texto analisado segundo certos critérios relativos à teoria que serve de guia à leitura”.

A Tabela 4 apresenta a correlação de Pearson aplicada aos contextos de registro (Tabela 3) extraídos das justificativas à questão I.1.22. As respostas afirmativas



(I.1.21) mostraram correlação muito fraca<sup>39</sup> em relação ao contexto de registro A, enquanto, a correlação foi moderada para o contexto de registro B. A correção apresentada entre A e B possibilita uma predição de que a percepção de um EF propedêutico para o EM tenha relação ao entendimento de que o conteúdo do EF está contido, de forma simplificada, no conteúdo do EM, contrariamente ao PCN:

[...] não se pode pensar no ensino de Ciências Naturais como propedêutico ou preparatório, voltado apenas para o futuro distante. O estudante não é só cidadão do futuro, mas já é cidadão hoje, e, nesse sentido, conhecer Ciência é ampliar a sua possibilidade presente de participação social e desenvolvimento mental, para assim viabilizar sua capacidade plena de exercício da cidadania. (BRASIL, 1998, p. 23)

Tabela 4 - Resultados da correlação de Pearson para os contextos de registros da Tabela 3.

	A - Forma simplificada do conteúdo do EF, em relação ao EM	B - Conteúdo do EF contido no conteúdo do EM
Sim	0,09*	0,38
Não	-0,09	-0,38
(A) Forma simplificada do conteúdo do EF, em relação ao EM	-	0,53

\* O coeficiente de correlação Pearson (r) varia de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis (COHEN; MANION; MORRISON, 2007, p. 530).

Após a aplicação do questionário, os dois trechos do PCN que foram citados nesse tópico foram apresentados aos alunos. A grande maioria concordava com a necessidade de uma discussão interdisciplinar, sem a divisão da disciplina de Ciências em química e física. Entretanto, alegaram que seria muito difícil para um professor de Ciências formado em Biologia, curso que usualmente não garante ferramentas didáticas suficientes para discussão de conceitos de química e física.

Quanto ao ensino de ciências preparatório para o EM, as justificativas durante a discussão sempre estiveram relacionadas aos contextos de registro da Tabela 3: “forma simplificada do conteúdo do EF, em relação ao EM” e “conteúdo do EF contido no conteúdo do EM”.

---

<sup>39</sup> Para (COHEN; MANION; MORRISON, 2007, p. 536) o coeficiente de correlação de Pearson pode ser assim analisado: entre 0,20 e 0,35, correlação fraca; entre 0,35 e 0,65, correlação moderada; entre 0,65 e 0,85, correlação forte; correlação superior a 0,85, muito forte.

#### **4.1.2 Conhecimento dos alunos de LCB e LQ antes da intervenção: matrizes energéticas**

Furman (FURMAN, 2009) faz uma analogia da ciência com uma moeda, na qual uma cara representa a ciência como produto e a outra como processo, ambas indissociáveis. Segundo a autora, a primeira é a mais privilegiada nas escolas, apresentada como resultado final do fazer científico e/ou tecnológico. A ciência como produto, sem dúvidas é um ótimo instrumento para estruturação temática do ensino sugerido pelo PCN (BRASIL, 2000; BRASIL, 1998).

Entretanto, no contexto de uma proposta de ensino que permita ao aluno comparar diferentes contextos no mundo em que vive, discutir as peculiaridades de diferentes possibilidades diante da temática energia é de grande importância para que o aluno saiba escolher entre as matrizes...

Entretanto, não se pode pensar o conjunto de possibilidades de produção energética de maneira simplista à relação ciência-tecnologia.

Nesse trabalho, verificamos os conhecimentos prévios dos alunos de LCB e LQ para que alguns ajustes fossem feitos e, então, garantir uma discussão que, ao final, permitisse ao alunos disser que tipo de fonte de energia ele escolheria, não só devido aos apelos midiáticos, mas por convicção própria.

Após a aplicação do questionário [voltar no quadro anterior] fizemos uma discussão sobre conceitos básicos das outras fontes energéticas....

A estruturação temática

Vale ressaltar que não temos

Fazer uma associação entre:

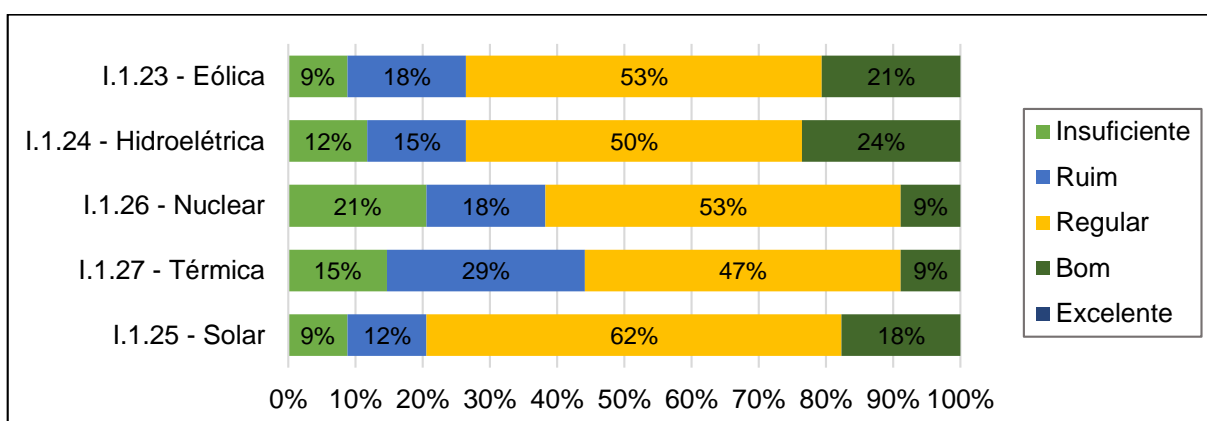
- Desenvolvimento do ensino a partir de uma temática (energia): PCN.
- Os lados da moeda de (FURMAN, 2009).
- A visão simplista da relação ciência-tecnologia.
- Percepção inicial: <http://revistaescola.abril.com.br/formacao/formacao-continuada/conhecimento-previo-esquemas-acao-piaget-621931.shtml>

Como discutir um tema que não se conhece?

Nas questões I.1.23-27, os alunos de LCB e LQ se autoavaliaram quanto ao conhecimento sobre cinco matrizes energéticas: eólica, hidroelétrica, solar, nuclear e térmica. (aguardando nova análise estatística para continuar a discussão).

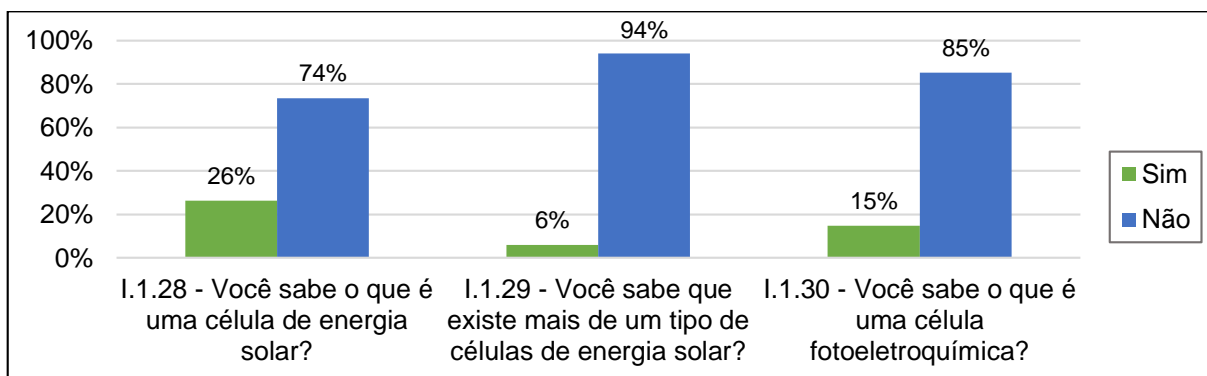
Em média, 31% dos alunos se autoavaliaram com conhecimento insuficiente ou ruim para quanto as matrizes energéticas do Gráfico 5.

Gráfico 5 - Percentuais para cada uma resposta de cada uma das questões ordinais para pergunta central: como você avalia seus conhecimentos quanto a cada uma das seguintes matrizes energéticas?



(aguardando nova análise estatística para continuar a discussão)

Gráfico 6 - Percentuais para cada uma das respostas as questões I.1.27 a I.1.30.



Adiante, as questões I.1.25 e I.1.28-30 serão comparadas com as respostas às mesmas perguntas após toda intervenção no minicurso.

## 4.2 MÓDULO 1: ELETRICIDADE E O USO DO MULTÍMETRO

### 4.2.1 Características estruturais do módulo e sequência didática adotada

Para construção da SD deste módulo (Quadro 8), optamos por um conjunto de atividades que representassem a lógica do processo investigativo desenvolvido pelo grupo de alunas do EM que propuseram modificações ao projeto originalmente de Smestad e Grätzel (SMESTAD; GRÄTZEL, 1998; SMESTAD, 1998). Assim, a SD foi estruturada para fornecer os conhecimentos sobre eletricidade que permitissem aos alunos decidirem sobre qual material seria utilizado para construção da CF (módulo 3), através de um processo investigativo.

Quadro 8 - Estrutura do módulo 1 da SD.

Objetivos	Atividade	Material	Conteúdo*		
1 Promover uma prática correta e segura quanto a utilização do multímetro e outros equipamentos.	Discussão coletiva sobre a resposta adotada na questão III.3.7. Leitura do manual do multímetro.	Respostas do Questionário III. Manual do multímetro utilizado.	C	P	A
2 Compreender os conceitos de tensão e corrente elétrica.	Brincadeira de cabo-de-guerra.	Corda com bombons amarrados ao longo.	C	P	A
3 Compreender os conceitos de corrente elétrica AC e DC.	Leitura e interpretação textual. Simulação com a corda.	Texto. Corda com bombons amarrados ao longo.	C	P	A
4 Aprender a utilizar o multímetro para medir tensão.	Mensuração da tensão de algumas fontes de energia elétrica.	Multímetro, bateria, pilha alcalina e tomada elétrica.	C	P	
5 Compreender o conceito de resistência elétrica.	Em função dos conceitos de tensão e corrente, propor o significado para resistência elétrica. Simulação da relação da Lei de Ohm.	Maquete do fio (Figura 5).	C	P	A
6 Compreender o significado de condutividade.	Dentre um conjunto de materiais, definir qual é mais condutor utilizando o multímetro. Discussão coletiva.	Multímetro, chapa de aço, plástico, vidro, tela <i>touch screen</i> e placa de madeira. Formulário de registro.	C	P	A
7 Definir o material dos eletrodos da CF que será construída no módulo 3.	Dentre o conjunto de materiais anteriores, definir o que seria utilizado para confecção da CF.	Vídeo. Questão problema.	C	P	A
8 Reforçar os significados dos conceitos discutidos.	Discutir a exposição de simulações em softwares.	Softwares de simulação.	C	P	A

\* Os conteúdos foram classificados como: conceitual (C), procedimental (P) e atitudinal (A).

Fonte: autor.

#### 4.2.2 Descrição da sequência didática

Como a prática previa a utilização de um equipamento, iniciamos a atividade pela apresentação do multímetro e uma discussão coletiva sobre a resposta que cada um apresentaria à questão III.3.7 (Figura 13). Coletivamente, a maioria dos alunos afirmaram que tomariam como opção a leitura do manual do multímetro, mas, outros optaram também por perguntar a alguém ou por pesquisarem no Google.

Figura 13 - Questão III.3.7.

<p>(III.3.7) Antes de utilizar um equipamento desconhecido, você (assinale apenas uma questão):</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Desiste se não tiver qualquer conhecimento prévio sobre como utilizar.</li><li><input type="checkbox"/> Pergunta a alguém como fazer.</li><li><input type="checkbox"/> Pesquisa no Google o que fazer.</li><li><input type="checkbox"/> Lê o manual do equipamento.</li><li><input type="checkbox"/> Nenhuma das opções anteriores.</li></ul>
--

Fonte: autor.

Então, sugeri aos alunos que, em grupos de dois ou três alunos, fizessem a leitura do tópico de “regras para operação segura” (Anexo X) do manual<sup>40</sup> do multímetro e coletivamente discutimos (os alunos e eu) duas questões:

- I. Alguma ação pode impedir o bom funcionamento do equipamento?
- II. Alguma ação pode pôr em risco a vida do usuário do equipamento?

A partir desta discussão os alunos perceberam que a má utilização do equipamento pode provocar choques elétricos ou ferimentos pessoais, além de possíveis danos ao instrumento ou ao equipamento em teste.

Ainda com o manual em mãos, em grupos, os alunos fizeram a leitura da seção “medidas de tensão AC” (Anexo X), que instrui sobre a utilização do multímetro para mensuração de um tipo específico de tensão elétrica, a qual é resultado em sistemas de corrente alternada (AC). Então, tendo sido distribuído um multímetro para cada grupo, simulamos o procedimento a ser adotado para sua operação. Entretanto, ao serem questionado se sentiam-se prontos para medir a tensão AC, parte dos alunos

---

<sup>40</sup> Durante toda as práticas utilizamos o multímetro digital modelo ET-1002, fabricado pela Minipa. O manual do multímetro encontra-se disponível no sítio eletrônico do fabricante, disponível em: <http://www.minipa.com.br/>.

mostraram-se receosos, enquanto outros muito empolgados com a possibilidade de utilizar o equipamento, a maioria pela primeira vez.

Mas, antes de utilizar o equipamento era necessário conhecer verdadeiramente cada uma das variáveis que ele poderia mensurar. Então, cada aluno recebeu uma folha impressa com a definição de tensão, diferença de potencial e corrente elétrica, tal qual mostra o Apêndice S. Em seguida, duas novas questões problematizaram a discussão:

- I. As definições apresentadas foram suficientes para que você entendesse o que é tensão e o que é corrente elétrica?
- II. Essa definição seria suficiente para que um aluno de ensino fundamental aprendesse tais conceitos?

Quase todos os alunos responderam que as definições, tal como apresentadas, não haviam sido suficientes para que compreendessem minimamente os conceitos descrito, conseqüentemente, também disseram que seria impossível ensinar tais conceitos somente com aquelas definições.

Então, iniciamos a primeira atividade lúdica: um ensaio sobre o conceito de tensão e corrente elétrica utilizando um cabo-de-guerra como instrumento de auxílio a aprendizagem. Para isso, preparei uma corda com vários bombons amarrados em sequência. Então, um grupo de alunos voluntariaram-se para atividade. Em seguida, os voluntários foram informados que em uma das extremidades da corda teríamos apenas um aluno e na outra ponta ficariam os demais – geralmente dois ou três alunos –, como na Figura 14. Como parte da brincadeira, quem conseguisse puxar toda a corda ganharia os bombons, mas, obviamente, todos ganharam bombons ao final. Como é de se imaginar, o grupo venceu o aluno que puxava a corda sozinho.

Figura 14 - Exemplo de distribuição dos alunos na brincadeira de cabo-de-guerra, assim como foi realizada durante a SD.



Fonte: Mighty Ant DataWorks ([s.d.]).

Dando continuidade, lancei alguns desafios a toda turma, dizendo que o grupo que acertasse receberia um prêmio (bombons), o que também motivou todos a participarem da discussão que envolvia as seguintes questões/atividades:

- I. Relacione a atividade de cabo-de-guerra com o conceito de diferença de potencial e utilize a corda com bombons para explicar sua resposta.
- II. Utilize a corda com bombons para explicar a turma o significado de tensão elétrica.
- III. Associando o conceito de tensão elétrica, utilize a corda com bombons para explica a turma o significado de corrente elétrica.

Dessa maneira, vários alunos participaram ativamente da atividade, utilizando de analogias para simular os três conceitos que anteriormente só haviam sido apresentados de forma escrita. Os alunos que assistiam as repostas foram incumbidos de avaliarem as simulações apresentadas e as corrigirem quando necessário, o que não foi preciso, pois todos acertaram.

Então, um novo questionamento foi apresentado aos alunos: Qual seria o significado das siglas AC e DC<sup>41</sup> presentes em vários tópicos do manual do multímetro? Em seguida, os alunos receberam um texto (Apêndice T) retirado do Blog de uma revista que publica matérias jornalísticas sobre tecnologia. Após a leitura, dois grupos de voluntários tiveram a responsabilidade de resolver as seguintes questões/atividades:

- I. Utilize a corda com bombons para explicar a turma o significado de corrente contínua (DC).
- II. Utilize a corda com bombons para explicar a turma o significado de corrente alternada (AC).

Mais uma vez os alunos participaram da atividade, respondendo corretamente as questões apresentadas, que também foram avaliadas pelos alunos que assistiam.

A partir deste momento, cientes sobre os procedimentos, cuidados e conceitos a serem adotados para utilização do multímetro, os alunos receberam sua primeira atividade prática com o equipamento:

---

<sup>41</sup> As siglas AC e DC indicam respectivamente sistema de corrente contínua e de corrente alternada e tem como origem as respectivas expressões na língua inglesa: *alternating current* e *direct current*.

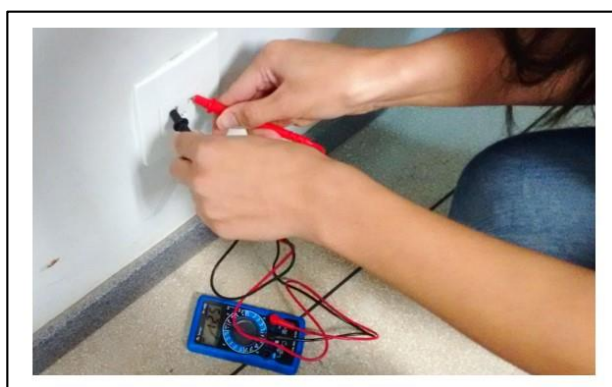


- I. Ajuste a chave seletora e pontos de prova do multímetro para mensurar a tensão dos seguintes objetos: bateria, pilha alcalina e tomada da sala de aula.

Essa atividade propiciou o surgimento de algumas outras questões, que foram discutidas por todo o grupo, como o porquê da tensão da pilha ter sido ligeiramente diferente da descrita no rótulo do produto e o porquê da tensão da tomada não ter apresentado o mesmo valor para as medidas de todos os grupos. Durante a atividade, os alunos tiveram que recorrer também aos conceitos de corrente elétrica, uma vez que as pilhas e baterias produzem corrente DC, enquanto na tomada encontra-se corrente AC, tendo sido necessário adotarem procedimentos diferentes com o multímetro para evitar acidentes.

Alguns alunos mostraram-se muito empolgados com a possibilidade de constarem o valor da tensão produzida na tomada. Entretanto, outros ficaram receosos, pois sempre ouviram falar que inserir objetos metálicos em uma tomada poderia ser muito perigoso. Por isso, essa atividade havia sido instruída para que somente acontecesse na presença do professor, para que os procedimentos fossem continuamente avaliados, evitando eventuais acidentes. Os alunos que mostraram medo foram estimulados a participarem da prática, para que percebessem que procedimentos tecnicamente planejados, assim como havia sido feito, são seguros. A Fotografia 1 mostra um aluno medindo tensão AC da tomada da sala de aula.

Fotografia 1 - Aluno medindo a tensão AC da tomada da sala de aula.



Fonte: foto do autor.

Como os alunos já tinham uma percepção científica do significado de corrente e tensão, o confronto com ideias do senso comum poderia ajudá-los a responder um novo problema:

- I. Sabendo o significado de tensão e corrente, como vocês definiriam a resistência elétrica?

Como resposta, sempre surgia a pergunta se a questão estaria relacionada com a resistência do chuveiro elétrico, assunto que posteriormente foi utilizada para tornar significativo o conceito. De modo geral, a resposta final sempre era algo próximo de “é a resistência à passagem de corrente elétrica?”, o que indicava também uma correta percepção sobre o significado de tensão e corrente.

Então, na lousa, mostrei aos alunos que as variáveis tensão ( $V$ ), corrente ( $I$ ) e resistência ( $R$ ) relacionavam-se matematicamente pela Lei de Ohm<sup>42</sup>. Em seguida, distribuí uma maquete do fio (Figura 6) e seu conjunto de peças a cada grupo para que propusessem simulações de situações em que o material do fio apresentaria maior e menor resistência, fazendo variar o tamanho das barreiras (resistência do material) e a quantidade de elétrons (fluxo de elétrons responsável por fazer variar a corrente elétrica). Como as maquetes eram dotadas de símbolos representando cada uma das variáveis da Lei de Ohm, por questões de proporcionalidade (inversa e direta) os alunos também tinham que mostrar as variações para a equação matemática para cada uma das modificações que realizassem com as peças da maquete. Enquanto os alunos faziam as simulações, eu passava em cada um dos grupos avaliando e auxiliando quanto as dúvidas e pude perceber que muitos alunos tinham dificuldades quanto a manipulações matemáticas de proporcionalidade, assunto que geralmente é trabalhado na 8ª série do EF.

Depois que todos os alunos já haviam concluído a atividade, um grupo ficou responsável por utilizar a maquete para mostrar aos demais como seriam as simulações para as situações de maior e menor resistência no fio. Mais uma vez, os alunos que assistiam à apresentação do grupo ficaram com a responsabilidade de avaliar a resposta apresentada.

---

<sup>42</sup> Foi utilizada a definição da Lei de Ohm apresentada por Boylestad (2011, p. 82).

Considerando que a ideia de condutividade<sup>43</sup> elétrica está fortemente associada ao conjunto de conceitos das variáveis da Lei de Ohm, mais um problema foi apresentado aos alunos:

- I. Materiais diferentes possuem condutividade diferente? O que isso significa?

Em grupo, a discussão sempre avançava para uma resposta próxima a ideia de que a condutividade de um material era sua capacidade de conduzir corrente elétrica. A discussão sobre objetos do cotidiano do grupo auxiliou a estruturação do conceito, quando, por exemplo, discutíamos as características dos diferentes componentes de um poste de transmissão de energia elétrica.

Os conceitos até então discutidos tornavam-se suficientes para que os alunos pudessem compreender a dinâmica do fluxo de elétrons no circuito externo da célula fotoeletroquímica, bem como seus resultados de tensão e corrente elétrica. Entretanto, para que a experimentação com CF não se tornasse apenas a reprodução de um roteiro de aula prática, os alunos foram incumbidos de selecionarem o material dos eletrodos que utilizariam durante o experimento do Módulo 3 da SD. Antes de apresentar-lhes a problematização, todos assistiram a um vídeo<sup>44</sup> com a sugestão de que se mantivessem atentos aos materiais utilizados. Obviamente, não se tratava de um vídeo que apresentaria a resposta ao problema seguinte:

- I. Se uma célula fotoeletroquímica precisa de uma superfície condutora para escoar a energia elétrica produzida, qual(is) material(is) podemos utilizar para confecção de células fotoeletroquímica: plástico, vidro, chapa de aço, tela *touch screen* ou madeira?

Para essa atividade, cada grupo recebeu um formulário (Apêndice U) para registro dos dados obtidos experimentalmente. Como esperado, em todos os grupos uma questão veio à tona: se o multímetro só é capaz de medir corrente, tensão e resistência, como seria possível utilizá-lo para medir condutividade? Essa foi uma questão mediada com um novo problema:

---

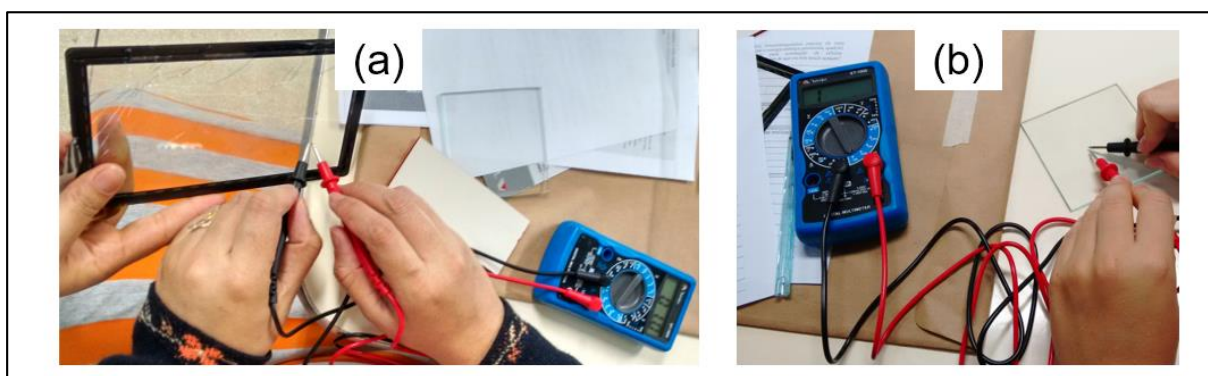
<sup>43</sup> Aos alunos, foi apresentada a ideia de condutividade sugerida por Helmenstine (2014).

<sup>44</sup> O vídeo “FEBRACE 2011 - Energia Solar Portátil” pode ser acessado no seguinte link: <https://youtu.be/AKj-zLxKlls>.

- I. Qual(is) variável(is) mensurável(is) pelo multímetro é(são) capaz(es) de permitir uma análise indireta e qualitativa da condutividade dos materiais?

A discussão de toda turma, sempre os levava ao mesmo consenso para solucionar o problema, algumas vezes pelo método de tentativa e erro e outras por associação dos conceitos de eletricidade. Então, utilizando medidas de resistência elétrica dos materiais (Fotografia 2), os alunos concluíram que o material que oferecia menor resistência e, portanto, maior condutividade elétrica era a tela *touch screen*, a qual deveria ser utilizada para confecção CF.

Fotografia 2 - Alunos realizando medidas indiretas de condutividade através da resistência dos materiais: (a) tela touch screen e (b) vidro.



Fonte: foto do autor.

Vale registrar que a atividade prática despertou nos alunos o interesse por medir a resistência elétrica de outros materiais pela simples curiosidade de conhecer suas características. Uns lembravam que já tinham ouvido falar que ouro era bom condutor elétrico, por isso faziam medidas de resistência de anéis e outras joias (Fotografia 3). Outros, por exemplo, ao fazerem medidas de parte da estrutura das carteiras escolares concluíam que a resistência era muita alta por conta da camada de tinta que a protegia.

Fotografia 3 - Aluno realizando medida de resistência em um anel de ouro.



Fonte: foto do autor.

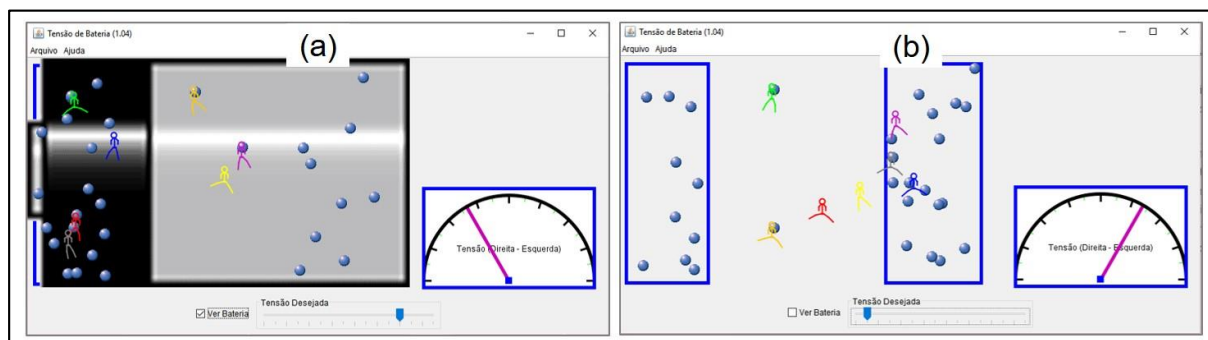
Para reforçar cada um dos conceitos desenvolvidos e possibilitar outras formas de percepções quanto aos seus significados, prossegui com a exposição de três simuladores<sup>45</sup>. Cada uma das simulações apresentada sempre estiveram relacionadas a questões que se remetiam às práticas de eletricidade desenvolvidas anteriormente, fazendo associar conceitos às analogias apresentadas. Algumas vezes, os alunos também participaram sugerindo novas propostas de simulações, que foram discutidas com o restante da turma.

O simulador de tensão da bateria foi utilizado para discussão da propriedade de tensão e corrente elétrica em duas situações que permitiam analogia à brincadeira do cabo-de-guerra: com a estrutura do simulador representando uma pilha ou bateria (Figura 18a) e com a estrutura do simulador representada por duas regiões cobertas por elétrons e separadas entre si (Figura 18b)

---

<sup>45</sup> Foram utilizados os simuladores “tensão de Bateria”, “Ohm's Law” e “condutividade”, disponíveis no site eletrônico da PhET Interactive Simulations: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/pt_BR). O PhET Interactive Simulations é uma ação da University of Colorado Boulder que se dedica a simuladores divertidos, gratuitos e interativos a partir de pesquisas em ciências e matemática.

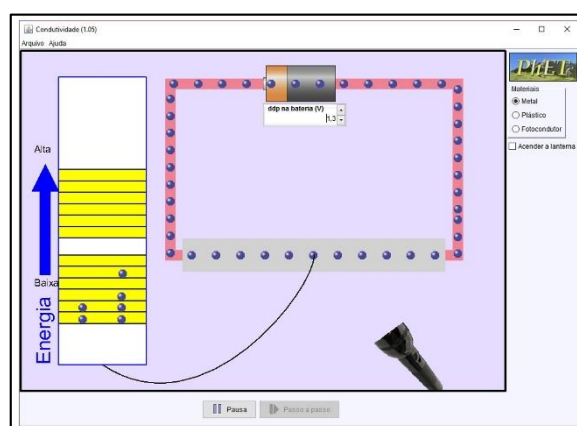
Figura 15 - Imagens do simulador "tensão da bateria" (versão 1.04), representando, em (a), uma pilha ou bateria e, em (b), representando duas regiões distintas carregadas negativamente.



Fonte: imagem do simulador PhET Interactive Simulations editada pelo autor.

Em seguida, o simulador de condutividade (Figura 19) foi utilizado para exemplificar a relação entre tensão e corrente elétrica em materiais condutores (metálicos), pouco condutores (plástico) e fotocondutores, retomando a discussão dos resultados obtidos pela experimentação de condutividade proposta anteriormente. Além disso, foi possível uma associação à resistência elétrica para explicar o fato de haver ou não condução nos materiais disponíveis no simulador.

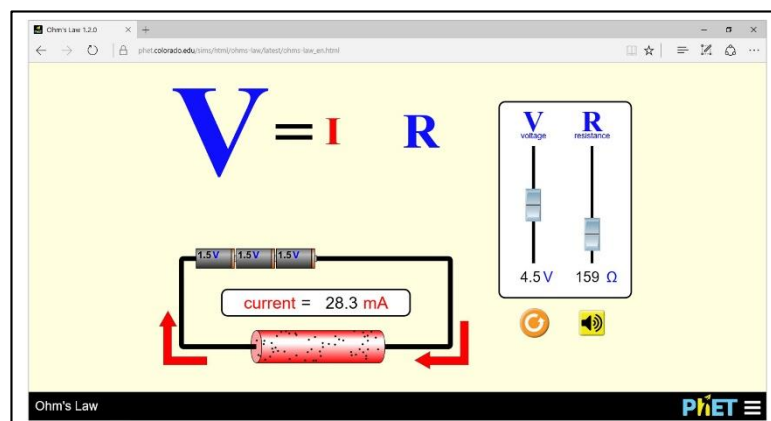
Figura 16 – Imagem do simulador "Condutividade" (versão 1.0.5) representando uma corrente elétrica induzida por uma tensão em um metal.



Fonte: imagem do simulador PhET Interactive Simulations editada pelo autor.

Por fim, o simulador de Lei de Ohm (Figura 20) foi utilizado para reforçar as relações matemáticas utilizadas nas simulações da maquete do fio, permitindo verificar matematicamente as questões de proporcionalidades envolvidas e, também, a influência da tensão e resistência sobre a corrente elétrica. O simulador também foi utilizado para representar sistemas de pilhas em série e seu significado quanto a tensão elétrica produzida.

Figura 17 - Simulador "Ohm's Law" (Versão 1.2.0) representando a influência de cada uma das variáveis V, R e I através de um sistema de pilhas em série ligados a um circuito e através da variação do tamanho das variáveis na equação matemática.



Fonte: imagem do simulador PhET Interactive Simulations editada pelo autor.

#### 4.2.3 Análise do conhecimento e percepção dos estudantes

No início da SD, o tema eletricidade não foi muito bem recebido pela maioria dos alunos, principalmente os de LCB, que afirmavam ter pouca afinidade com o assunto, apesar de compreenderem sua importância. Alguns alunos de LCB se queixaram de uma formação pouco significativa e distante quanto à realidade dos conceitos de biologia, outros afirmaram ter abandonado a disciplina de física ofertada para o curso ou já terem reprovado algumas vezes.

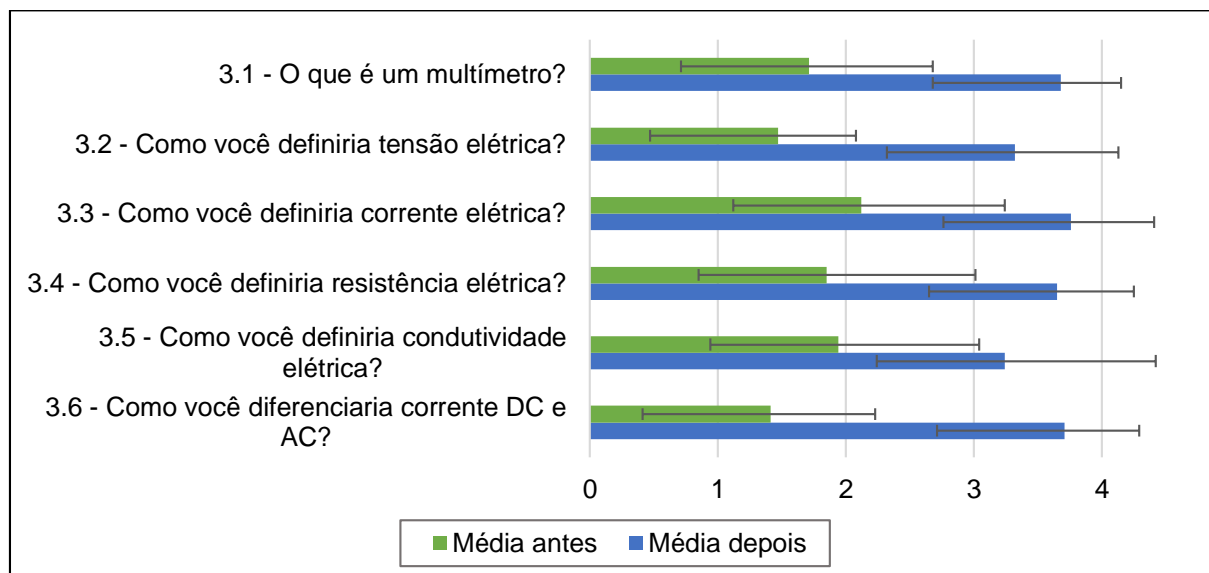
Desde o início das atividades do módulo, os alunos foram muito receptivos, talvez pela expectativa de serem apresentados a uma estruturação didática diferente. Entretanto, foi a partir da dinâmica com cabo-de-guerra que percebi que uma possível falta de interesse e/ou preconceitos em relação ao tema eletricidade foram rompidos. Deste momento em diante os alunos mostraram-se muito descontraídos e mais participativos e atentos às situações problema apresentadas. Os olhares, antes atentos, começaram a se misturar com uma espécie de entusiasmo pela discussão que a cada momento era apresenta.

Durante as atividades, duas situações distintas permitiram perceber com muita clareza que os alunos estavam aprendendo os conceitos de eletricidade: a participação individual dos alunos, respondendo oralmente a questões apresentadas e a participação coletiva, mostrando a solução de problemas através da experimentação

e/ou simulações com o cabo-de-guerra e/ou maquete do fio. Nesse sentido, vale ressaltar o importante impacto dos trabalhos em grupos para responder questões de cunho conceitual de forma procedimental e atitudinal. Muitas vezes, um aluno mais tímido não respondia oralmente às questões, mas, participava ativamente nos procedimentos de manipulação, simulando o conceito apresentado oralmente por outro colega do mesmo grupo.

O efeito da SD sobre o conhecimento dos alunos pode ser melhor compreendido pelas respostas que apresentaram às questões 3.1 a 3.6 e respectivas médias (Gráfico 7). Para estas questões, antes da intervenção da SD, em média, 78% dos alunos não responderam ou apresentaram resposta completamente errada, o que indica que a grande maioria dos alunos do grupo amostral não tinha conhecimento algum ou apresentava conhecimento insuficiente para expressar qualquer significado sobre os conceitos associados a cada uma das questões.

Gráfico 7 - Comparação da média das respostas às questões ordinais entre o antes e o depois da intervenção sobre conceitos de eletricidade.



\*A codificação das questões levou em consideração os seguintes critérios ordinais: 1 – não respondeu, 2 – errou, 3 – acertou parcialmente e 4 – acertou.

Em média, 10% das respostas apresentadas para as questões de cunho conceitual quanto a eletricidade (3.2 a 3.6) estavam corretas. Entretanto, vale ressaltar que os alunos de LQ, mesmo cursando uma graduação que tem uma grade curricular com maior carga horária de física e conteúdo específicos de química associados a eletricidade (e.g., eletroquímica), em média, só acumularam 56% das respostas



corretas para as questões 3.2 a 3.6, tendo as demais sido contabilizadas para os alunos de LCB.

A média da pontuação associada as respostas antes da intervenção (Gráfico 7), indica, de modo geral, que a grande maioria dos alunos possuía nenhum conhecimento significativo em relação aos conceitos científicos das questões 3.2 a 3.6 e quanto a utilidade de um equipamento (questão 3.1) que certamente todos já haviam pelo menos visto associado a conceitos de eletroquímica, o multímetro. Entretanto, a média da pontuação após a intervenção mostra que a maioria das respostas assumem pontuações entre 3 (acertou parcialmente) e 4 (acertou).

Mais precisamente, os resultados de p-valor na Tabela 5 mostram que houve uma mudança estatisticamente significativa ( $p\text{-valor} < 0,05$ ), sendo que para todas as questões (3.1 a 3.6) houve aumento na pontuação, com tendência a respostas igual a 4 (acertou) após a intervenção. Portanto, a SD apresentou efeito positivo quanto aos conceitos relativos as questões 3.1 e 3.6, favorecendo o aprendizado e aumentando o conhecimento dos alunos.

Tabela 5 - Comparação entre as medianas das variáveis ordinais, 3.1 a 3.6, entre o antes e depois da intervenção, seguido pelo teste de Wilcoxon para amostras pareadas.

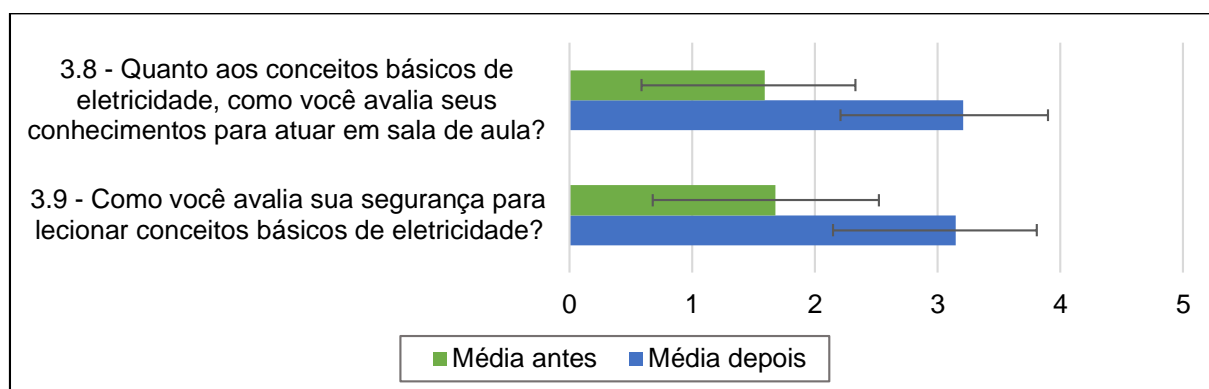
Antes				Depois				p-valor
Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	
III.3.1	1,71	1	0,97	IV.3.1	3,68	4	0,47	<0,0001
III.3.2	1,47	1	0,61	IV.3.2	3,32	4	0,81	<0,0001
III.3.3	2,12	2	1,12	IV.3.3	3,76	4	0,65	<0,0001
III.3.4	1,85	1	1,16	IV.3.4	3,65	4	0,6	<0,0001
III.3.5	1,94	2	1,1	IV.3.5	3,24	4	1,18	<0,0001
III.3.6	1,41	1	0,82	IV.3.6	3,71	4	0,58	<0,0001

\* As questões 3.1 a 3.6 assume com resposta valores inteiros que podem variar de 1 a 4.

Considerando as etapas de uma planejamento de aula, como organizado por Castro, Tucunduva e Arns (2008), que leva em consideração os objetivos do ensino, o conteúdo a ser ministrado, a metodologia adotada e a proposta de avaliação, podemos relacionar o aumento do conhecimento dos alunos (3.1 a 3.6) ao conjunto de respostas apresentadas para as questões 3.8 e 3.9 (Gráfico 9). Assim, é possível que o aumento do conhecimento conceitual dos alunos (3.1 a 3.6) tenha forte

influência na variação do nível de conhecimento autoafirmado para lecionar sobre conceitos básicos de eletricidade (Gráfico 9, questão 3.8). Antes da intervenção, 91% dos alunos se autoavaliaram possuir conhecimento insuficiente e ruim para atuarem em sala de aula, contra 91% que se autoavaliaram como regular e bom após a SD. Naturalmente, não era de se esperar resultado igual a excelente, uma vez que o ato de lecionar está associado a estruturação do planejamento de aula e percepções mais profundas sobre o conteúdo a ser ministrado, o que não foi desenvolvido durante a SD.

Gráfico 8 - Comparação da média das respostas de autoavaliação do conhecimento e segurança para lecionar conceitos de eletricidade, para as questões ordinais entre o antes e o depois da intervenção.



\*A codificação das questões levou em consideração os seguintes critérios ordinais: 1 – insuficiente, 2 – ruim, 3 – regular, 4 – bom e 5 – excelente.

À evolução observada para segurança dos alunos quanto ao ato de lecionar conceitos básicos de eletricidade (Gráfico 9, questão 3.9), podemos associar duas questões: o aumento do conhecimento quanto aos conceitos básicos de eletricidade e o exemplo de estruturação metodológica para tratar do conteúdo. Quanto a esta última, podemos ressaltar como influência as atividades lúdicas com o cabo-de-guerra, as simulações com a maquete e as simulações em *software*.

Assim, considerando que a sequência didática possa ter tido forte influência quanto à estruturação do conteúdo e da metodologia e quase nenhuma influência quanto aos objetivos específicos de ensino (que variam de acordo com o público) e avaliação, podemos sugerir que a intervenção promoveu uma ação significativa na formação dos alunos de licenciatura, influenciando positivamente em um possível planejamento de aula que possam fazer sobre eletricidade. Proposição que é corroborada com o resultado apresentado na Tabela 6, a qual mostra que a SD promoveu um aumento

estatisticamente significativo quanto as características avaliadas em 3.8 e 3.9, uma vez que temos uma variação positiva das medianas e p-valor menor que 0,05.

Tabela 6 - Comparação entre as medianas das variáveis ordinais, 3.8 e 3.9, entre o antes e depois da intervenção, seguido pelo teste de Wilcoxon para amostras pareadas.

Antes				Depois				p-valor
Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	
III.3.8	1,59	1	0,74	IV.3.8	3,21	3	0,69	<0,0001
III.3.9	1,68	1	0,84	IV.3.9	3,15	3	0,66	<0,0001

\* As questões 3.8 e 3.9 assume com resposta valores inteiros que podem variar de 1 a 5.

Enquanto antes da intervenção era notória a falta de interesse pelo tema, bem como o grupo apresentava conhecimento insuficiente para os conceitos e se autoavaliavam de insuficiente a ruim quanto ao conhecimento e segurança para lecionar sobre eletricidade, após a SD, a grande maioria dos alunos respondeu que adotaria a metodologia apresentada para lecionar tanto no ensino médio quanto no ensino fundamental (Gráfico 10). Além disso, na Tabela 7, verificamos que a mediana das respostas é estatisticamente superior a 3 ( $p\text{-valor} < 0,05$ ), portanto, há uma tendência para respostas com pontuações mais altas para as questões IV.3.10 e IV.3.11 após a intervenção.

Gráfico 9 - Percentual de resposta de cada uma das variáveis ordinais para questão: “Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa ‘sim, adotaria’ e 1 significa ‘não, não adotaria’, como você avalia a possibilidade de adoção da metodologia de ensino de conceitos de eletricidade (corrente, tensão e resistência) apresentada nessa aula para cada um dos níveis de ensino que seguem?”

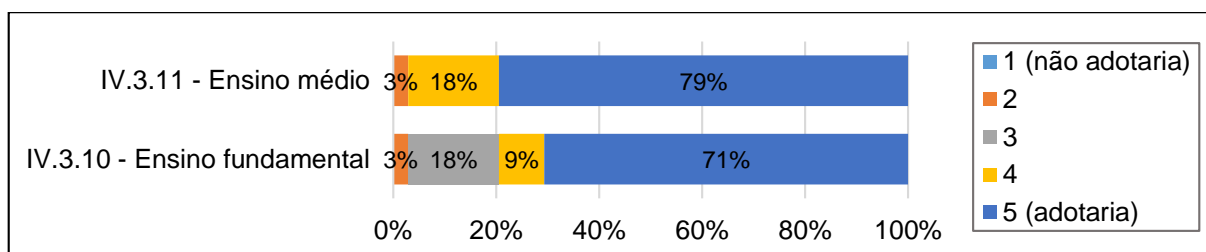


Tabela 7 - Média, mediana e desvio padrão para as variáveis ordinais IV.3.10 e IV.3.11 não dependentes do tempo, seguida do p-valor do teste da mediana ( $H_0: mediana \leq 3$ ).

Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	p-valor
IV.3.10	4.5	5	0.9	<0,0001
IV.3.11	4.7	5	0.62	<0,0002

O Quadro 9 apresenta a frequência ( $f$ ) das características positivas apontadas para metodologia associada a SD deste módulo, separadas em três categorias: *(i)* como se dá o ensino, *(ii)* objetivos para o ensino e *(iii)* caracterização da experimentação. No contexto de como se dá o ensino, a características dinâmica ( $f = 14$ ) representa bem a estruturação proposta para a sequência de atividades desenvolvidas, que variaram entre discussões, leitura, simulações, trabalho em grupo, investigação e observação. Dentro da possibilidade de construção de analogias que não conturbasse a realidade científica de cada um dos conceitos, a ludicidade ( $f = 9$ ) também tornou a prática divertida ( $f = 4$ ).

Com o objetivo de investigar como ajudar o aluno a se construírem como sujeitos pensantes e críticos, capazes de pensar e lidar com conceitos, resolver problemas, argumentar etc, a prática proposta para este módulo buscou representar a classificação de didática ( $f = 4$ ) descrita por Libâneo (2004): “o compromisso com a busca da qualidade cognitiva das aprendizagens, esta, por sua vez, associa à aprendizagem do pensar.

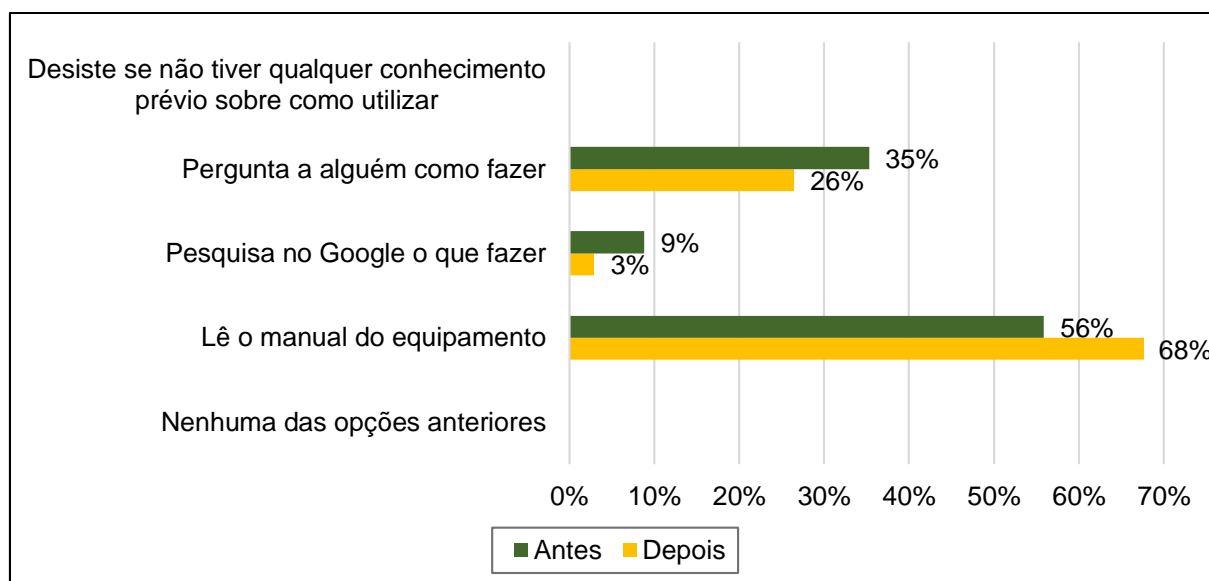
Dentre outras características apontadas, destaco também a estruturação lógica ( $f = 1$ ) com a apresentação de exemplos cotidianos do conteúdo ( $f = 3$ ), caracterizados por uma discussão interdisciplinar ( $f = 1$ ), desenvolvida com o estímulo a participação dos alunos ( $f = 3$ ) e mediada pelas interações alunos-professor ( $f = 4$ ). Diante de uma proposta investigativa para construção do conhecimento, o conjunto de características positivas apresenta para SD parece ter deixado bem explícito um de seus principais objetivos de ensino, promover um processo que facilitasse a aprendizagem do conteúdo ( $f = 12$ ).

Quadro 9 - Frequências das categorias de características positivas apontadas para metodologia de ensino de conceitos de eletricidade, na questão IV.3.12.

<b>(i) Como se dá o ensino</b>		<b>(ii) Objetivos para o ensino</b>	<b>(iii) Características da experimentação</b>
Dinâmica (14)	Prende atenção (2)	Facilita aprendizagem do conteúdo (12)	Baixo custo (4)
Lúdica (9)	Agradável (1)	Aplicação do conteúdo (1)	Materiais alternativos (2)
Prática (5)	Atrativa (1)	Associação entre prática e teoria (1)	Materiais de fácil acesso (2)
Didática (4)	Eficaz (1)	Assunto tratado de forma concreta (1)	Aluno realiza a prática (1)
Divertida (4)	Estimulante (1)	Conhecimento sólido pelas exemplificações (1)	Prática segura (1)
Interação alunos-professor (4)	Interativa (1)	Facilita compreensão do abstrato (1)	Utilização de equipamentos (1)
Estimula a participação dos alunos (3)	Lógica (1)	Fácil entendimento (1)	Utilização de materiais (1)
Exemplos cotidianos do conteúdo (3)	Menos cansativa (1)	Facilita a relação entre conceitos (1)	
Clara (2)	Simples (1)		
Criativa (2)	Conhecimento construído com o aluno (1)		
Diferente (2)	Esclarecedora (1)		
Objetiva (2)	Interdisciplinar (1)		
Considera os conhecimentos prévios do aluno (2)	Exemplificação dinâmica (1)		
Prática em sala de aula (2)	Participação do aluno (1)		
Visual (2)			

Quanto a característica das experimentações, essenciais em alguns momentos do ensino científico, é importante ressaltar, principalmente pela realidade dos recursos disponíveis para as escolas brasileiras, a caracterização da SD com prática de baixo custo ( $f = 4$ ), com materiais de fácil acesso ( $f = 2$ ) e alternativos ( $f = 2$ ), que favorece a utilização de equipamento ( $f = 1$ ). Entretanto, um fator importante quanto ao desenvolvimento de uma prática segura ( $f = 1$ ) parece não ter chamado muita atenção dos alunos ou pelo menos convencido-os da importância da leitura do manual de um equipamento. Mesmo depois de toda discussão realizada, poucos alunos se convenceram de que deveriam optar pela prática da leitura do manual de um equipamento antes de utilizá-lo (Gráfico X).

Gráfico 10 - Percentual das respostas apresentadas pelos alunos à questão IV.3.7: “Antes de utilizar um equipamento que você não sabe com usar, você faria o que?”



Certamente, o planejamento exaustivo da SD, bem como a organização proposta para o minicurso favoreceram o processo de ensino-aprendizagem durante a intervenção e, nesse contexto, vale citar Zabala (2014, posição 4535): “não apenas os alunos são diferentes em cada ocasião, como as experiências educacionais também são diferente e não se repetem”. Entretanto, ao final da SD para este módulo, um comentário em especial, repetido por vários alunos, parecia ter sido um apelo a reestruturação do planejamento das aulas usualmente ministradas: “se no ensino médio e na graduação eu tivesse tido aulas sobre eletricidade como esta, eu teria aprendido sobre esses conceitos.”

### 4.3 MÓDULO 2: A LUZ COMO FONTE DE ENERGIA

#### 4.3.1 Características estruturais do módulo e sequência didática adotada

Para construção da SD deste módulo (Quadro 10), optamos por um conjunto de atividades que representassem uma discussão sobre as propriedades da luz percebidas em diferentes objetos a partir da visão e da sensação de calor.

Quadro 10 - Estrutura do módulo 2 da SD.

Objetivos	Atividade	Material	Conteúdo*		
1 Compreender a luz branca como a composição de todas as cores.	Utilização de um objeto capaz de separar as cores da luz branca. Discussão sobre o efeito observado.	Mídia de CD ou DVD.	C	P	A
2 Identificar diferentes fontes de luz e relacioná-las às cores dos objetos.	Discussão sobre o significado das roupas dos alunos sob a luz branca.	Figura colorida do espectro eletromagnético.	C	P	A
3 Compreender a quantização da luz e sua característica dual.	Discussão sobre a característica de onda e partícula da luz guiada por uma problematização quanto a fotossíntese	Figura colorida do espectro eletromagnético.	C	P	A
4 Relacionar a atitude cotidiana de escolha da cor de uma roupa à quantização da luz.	Discussão sobre o significado da ação cotidiana sobre a escolha da cor de uma roupa em um ensolarado dia de verão.	Bonecos coloridos.	C	P	A
5 Reforçar os significados dos conceitos discutidos.	Discutir a exposição de simulações em softwares.	Softwares de simulação.	C	P	

\* Os conteúdos foram classificados como: conceitual (C), procedimental (P) e atitudinal (A).

Fonte: autor

### 4.3.2 Descrição da sequência didática

Ao tratar a luz como fonte de energia em aulas do ensino básico, ou até mesmo em aulas introdutórias de nível superior, não são necessárias discussões matemáticas complexas sobre o mundo quântico, mas sim sobre o significado científico daquilo que percebemos a partir das sensações visuais e de calor. No contexto de um ensino de ciências que, antes de tudo prime pela formação de um cidadão capaz de compreender e interagir com o mundo a sua volta, dei início a este módulo da SD com as seguintes questões problema:

- I. Você já ouviu falar que a luz branca é a composição de todas as cores?
- II. Como podemos testar essa afirmação?

Praticamente todos os alunos disseram já terem ouvido a afirmação e aos poucos foram apresentando várias possibilidades de experimentos que confirmariam que a luz branca é composta por todas as cores. Surgiram propostas como a utilização de um prisma e um fino spray de água produzido pela estrangulação de uma mangueira sob um dia de sol para formação de um arco-íris. Outra sugestão, foi a utilização de um disco de Newton, que tem um efeito inverso a discussão proposta, mas que funcionaria para mostrar como todas as cores compõem a luz branca. Afirmando que naquele momento não tínhamos um prisma ou um disco de Newton e que não seria possível o experimento com a mangueira, sugeri que buscassem outra possibilidade e surgiu a proposta de utilizar uma mídia de CD<sup>46</sup>.

Então, expliquei aos alunos que as mídias de CD são constituídas de uma rede difração, capaz de produzir o efeito de separação das diferentes cores que compõem uma fonte luminosa<sup>47</sup>. Em grupos de dois ou três integrantes, cada grupo de posse de uma mídia de CD, os alunos puderam testar a validade da afirmação quanto capacidade da mídia de separar as cores da luz branca. Incrivelmente, alguns alunos se surpreenderam com a atividade, pois não sabiam que o conjunto de cores de luz, que já havia visto outras vezes em CDs, era fruto de um processo de difração.

---

<sup>46</sup> Um *compact disc* ou CD é um disco ótico digital de armazenamento de dados. Trata-se de um dispositivo muito utilizado para armazenamento de músicas e diversos outros tipos de arquivos.

<sup>47</sup> Catelli e Libardi (2010) sugerem um experimento mais aprofundado sobre a utilização de mídias de CD para difração da luz utilizando um retroprojektor.



Seguindo, os alunos foram convidados a identificarem as fontes luminosas presentes na sala de aula. Depois, uma nova questão foi apresentada:

- I. A camiseta de vocês tem uma cor. As cores são frutos das fontes de luz, pois no escuro não enxergamos nada. A luz branca tem todas as cores. Se a camisa de vocês não é uma fonte luminosa, qual o significado da cor da camisa de cada um sob a luz branca?

Os alunos sempre respondiam relacionando o fenômeno à absorção e reflexão da luz pelo material da camiseta. Mas, alguns, erroneamente, acreditavam que a cor que podíamos ver na camiseta era a cor que a mesma absorvia. Enquanto outro, corretamente, afirmavam que a cor observada era a fração de luz refletida.

Então, expliquei que nossos olhos possuem moléculas que absorvem a luz e fazem com que tenhamos a percepção de cor. Assim, se enxergamos a cor amarela (e.g.) é porque nossos olhos recebem a luz amarela. Seguindo, sugeri que debatessem a tal informação e, assim, chegaram ao consenso de que a cor da camisa era fruto da luz refletida, enquanto as demais cores que compunham a luz branca eram absorvidas.

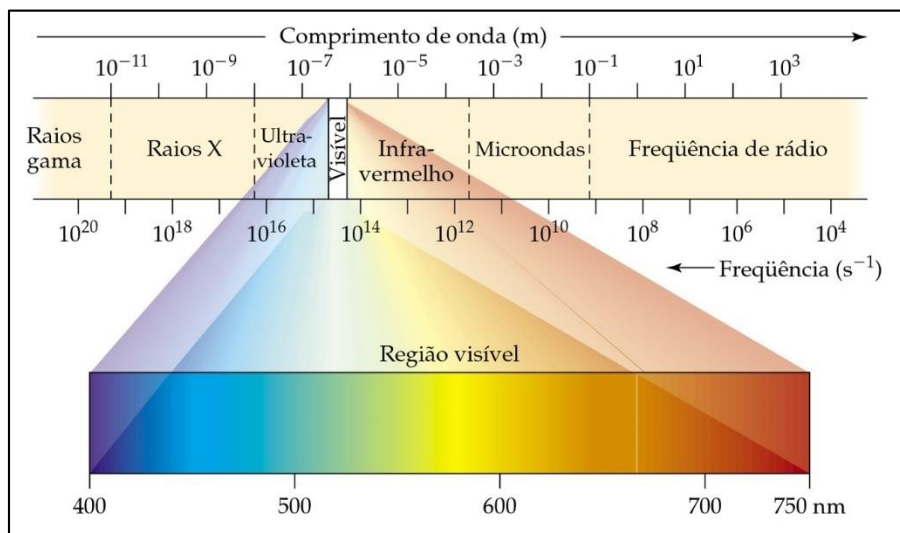
Para simular a absorção e reflexão da luz, sugeri que cada aluno, com a figura do espectro magnético (Figura 18) em mãos, tampasse todas as cores que não fizesse parte da cor de sua camiseta. Assim, os alunos que tinham camisetas com cores iguais às presentes na parte visível do espectro, conseguiram perceber que as cores tampadas eram aquelas que são absorvidas pela roupa, enquanto a cor destampada era a cor refletida, percebida pelo sentido da visão.

Essa atividade gerou outras problematizações, como, por exemplo:

- I. Por que essa atividade não funciona, por exemplo, com a blusa de cor rosa?
- II. Qual a resposta dessa atividade para cor preta?

Entre os próprios alunos, a discussão levou às repostas corretas, de que a cor rosa seria fruto da composição de mais de uma das cores do espectro visível e que a cor preta seria fruto da absorção de todas as cores do espectro visível, ou seja, a ausência de cor. Assim, a cor preta seria o mesmo que tampar todas as cores com os dedos, enquanto, para cor rosa, deveriam deixar mais de uma cor destampada. Para experimentar a ausência de cor ou a cor preta, sugeri que imaginassem estar em uma sala em que o apagar das luzes não permitiriam que vissem nada.

Figura 18 - Espectro eletromagnética evidenciando a região visível da luz e relacionando comprimento de onda e frequência.



Fonte: Brown, Lemay Jr. e Bursten (2005).

Então, para que os alunos percebessem que na figura do espectro eletromagnético haviam outras informações importantes sobre a luz, apresentei a seguinte questão:

- I. A luz é uma onda ou uma partícula? Olhe para o espectro eletromagnético em suas mãos.

Na turma de LCB, a primeira resposta a surgir foi que a luz era uma onda, mas, depois algum tempo, alguns alunos disseram já ter ouvido que a luz também era uma partícula. Para os alunos de LQ, que possivelmente se depararam com a resposta desta questão nas disciplinas básicas de química do curso de licenciatura, surgiam as duas respostas e alguns diziam que a luz era tanto onda como partícula. Essas respostas foram utilizadas para conduzir uma breve explicação de que a luz se comporta de maneira dual – tanto quanto onda como quanto partícula – e que a luz se diferencia por suas características de comprimento de onda e frequência em suas diversas ocorrências (visíveis ou não).

A discussão já tinha guiado todos a uma percepção sobre a dualidade partícula-onda, uma característica intrínseca da luz. Para que os alunos pudessem compreender os postulados do modelo atômico de Bohr (módulo 4) e, portanto, as reações químicas ocorridas no interior da CF, restava que tivessem uma percepção básica sobre a quantização da energia. Então, a seguinte questão foi introduzida:

- I. Uma planta é capaz de realizar fotossíntese sob qualquer tipo luz ou radiação do espectro eletromagnético? Por que?

Essa foi uma discussão em que os alunos de LCB se deleitaram. Tratava-se de uma questão muito trabalhada em alguma componente curricular do curso, a qual a maioria parecia ter interesse. Para os alunos de LQ, a resposta não parecia tão óbvia, mas, assim como os alunos de LCB, responderam que a fotossíntese não acontecia sob qualquer cor da luz. Mas a justificativa para tal resposta não surgia de nenhum dos alunos.

Continuando, perguntei se lembravam de uma organela celular das plantas onde acontece a fotossíntese, o cloroplasto. Questão para qual obtive resposta positiva até dos alunos de LQ, que se lembravam das aulas do EF e/ou EM. Prossegui com uma analogia, e sugeri que o cloroplasto é uma fábrica movida à luz (seu combustível) e que essa fábrica só aceita quantidades específicas de combustível (energia na forma de luz). Então, expliquei que se a luz pudesse ser somada ou fracionada em quantidades específicas de energia, qualquer cor de luz poderia fazer o cloroplasto funcionar, realizando fotossíntese. Desse momento em diante os alunos de LCB começaram a dizer que finalmente haviam compreendidos algumas partes do processo da fotossíntese que não tinham ficado claras durante o curso de graduação (com a discussão que se formou, eu acabei aprendendo algumas coisas sobre uma área que não domino, a biologia). Para os alunos de LQ, que já haviam participado de aulas que tratavam da quantização da luz, a analogia também levou a compreensão de que a luz é formada por quantidades (pacotes ou *quanta*<sup>48</sup>) específicas de energia e cada cor era característica de determinadas quantidades de energia. Assim, a luz amarela (e.g.) é sempre formada de pacotes com a mesma quantidade de energia e isso a faz ser amarela.

Prossegui explicando aos alunos que dois importantes nomes da ciência, Albert Einstein (1879-1955) e Max Planck (1858-1947) haviam trabalhado para mostrarem ao mundo a quantização da luz. O primeiro, mais famoso e ganhador de um prêmio Nobel da Física pelos trabalhos sobre o efeito fotoelétrico e, o segundo, responsável

---

<sup>48</sup> A palavra *quanta*, proveniente do latim, significa quantidades. O plural de *quanta* é *quantum*. Einstein, chamou de fóton o que outrora Planck havia definido como *quantum*, portanto, fóton e *quantum* são sinônimos.

por uma simples equação que relaciona a energia da luz à sua frequência ou comprimento de onda.

E a aula foi tomada pela discussão de mais uma questão:

- I. Se cores diferentes possuem energia diferente, quais cores são mais energéticas e quais são menos energéticas? Aponte-as no espectro eletromagnético.

Sem apresentar-lhes a equação de Max Planck, que seria útil para responder à questão, sugeri que fizessem uma relação entre a existência das ondas eletromagnéticas em seu cotidiano e, até mesmo, em filmes de desenhos animados de ficção. Mas os alunos permaneciam no embate, uns diziam que a luz azul era mais energética, enquanto outros diziam que era a vermelha. Eu sugeria que observassem o espectro como um todo, mas, teimavam em observar somente a região visível. Então, lancei uma nova questão:

- I. De que tipo de radiação vocês devem ter medo?

Aos poucos os alunos começaram a lembrar que se utiliza filtro solar para se proteger de raios ultravioletas, então, essa era uma radiação nociva. Outros, lembravam que os exames de raios-X também podem ser prejudiciais e que, por isso, o radiologista se protege atrás de um anteparo de chumbo. Eu os lembrei que os raios gama são aqueles liberados por bombas atômicas, reatores de usinas nucleares e que também fazem parte da famosa ficção do personagem de quadrinho Hulk<sup>49</sup>. Também surgiram observações sobre a presença de radiação de frequência de rádio e televisão, que estão por todo o planeta, em meio as pessoas e não causam mal à saúde. Assim, trabalhando com os extremos do espectro, os alunos perceberam que as radiações a esquerda são mais nocivas ao ser humano e concluíram que essas eram as mais energéticas, enquanto as radiações mais à direita do espectro são menos nocivas aos seres humanos e menos energéticas.

Desse momento em diante, lhes apresentei a equação de Max Plank (Eq. 2) e matematicamente pudemos reafirmar as conclusões tomadas posteriormente sobre a

---

<sup>49</sup> Super-herói também conhecido como O Incrível Hulk. Personagem de propriedade da Marvel Comics.

quantidade de energia em cada tipo de radiação eletromagnética.

$$E = nh\nu \quad (\text{Eq. 2})$$

Então, expliquei aos alunos que, a nível molecular, a radiação eletromagnética pode causar desde uma simples vibração das moléculas, produzindo calor, até o rompimento de moléculas importantes do nosso corpo, como o DNA, causando mutações e várias doenças. Por outro lado, a radiação eletromagnética nos propicia diversas vantagens com a possibilidade de utilização de vários exames médicos capazes de fazerem imagens internas do corpo humano sem qualquer procedimento invasivo, além servir com artifício para diversas investigações científicas. Assim, se bem utilizada, a radiação eletromagnética pode ser a solução para uma série de problemas da humanidade, como, por exemplo, para obtenção de energia elétrica.

Até este ponto, a discussão fazia-se suficiente para compreensão do processo químico que mostraríamos para explicar a produção de energia na CF. Entretanto, uma questão é essencialmente importantes para que pudessem comparar diferentes fontes de energia com a energia fotoeletroquímicas que lhes seria apresentado, a conservação da energia. Além disso, faltava-lhes uma discussão capaz de permitir a utilização de mais de um dos sentidos (visão) para percepção da luz como energia e, também, um instrumento para que diferenciasssem a transformação da energia luminosa em energia elétrica, que ocorre em painéis de energia solar (e.g., fotovoltaico e fotoeletroquímica), da transformação da energia luminosa em energia térmica, que acontece em placas de aquecimento solar.

Deixando a discussão sobre conservação da energia na CF para os próximos dois módulos, prosseguimos com uma problematização que levaria a conservação da energia em um processo de transformação de energia luminosa em energia térmica:

- I. Pensando no conforto térmico, qual dos bonecos (Figura 8) está vestido com a cor de roupa mais adequada para um dia na praia? Por que?

As respostas variaram entre diversas cores (branco, laranja, verde, azul), exceto preto. Então, pedi que se remetessem as cores predominantes da moda em duas estações diferentes: verão e inverno. Os alunos responderam que no verão as cores têm tons mais claros, enquanto no inverno as cores são mais escuras. Continuando, pedi que pensassem sobre a seguinte questão: será que as cores do inverno e do

verão são apenas uma questão de moda ou se referem também a incidência solar para as diferentes estações do ano? Nesse momento, começaram a surgir indagações sobre uma relação entre a radiação luminosa e as cores das roupas.

Ao perguntar-lhes se tinham o hábito de ir à praia de camiseta preta, todos afirmaram que não. Então, perguntei o porquê e logo responderam que de roupa preta sentem mais calor. Novamente, perguntei o porquê e sugeri que fizessem uma associação entre a absorção e reflexão da luz e a energia de seus *quanta*. Então, surgiram respostas que mais se pareciam com perguntas, do tipo: “a camiseta preta absorve mais luz e, portanto, absorve mais energia!?” A partir daí lembrei aos alunos de uma célebre frase da ciência: na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma<sup>50</sup>. Entretanto, aparentemente, os alunos tinham uma percepção de que esse era um ditado válido apenas para transformações da matéria envolvendo massa. Portanto, tive que intervir explicando que a energia, assim como a massa, se conserva nas suas diversas transformações, ou seja, a energia ora radiante estava se transformando em outro tipo de energia sentida por nós na camiseta. Assim, os alunos completaram, corretamente, que a luz estava se transformando em calor (uma das manifestações da energia).

Toda essa discussão permitiu que os alunos compreendessem que roupas de cores mais claras refletem maior quantidade de luz e, portanto, absorvem menos energia para produção de calor. Por outro lado, quanto mais escura a roupa, maior a quantidade de luz absorvida, conseqüentemente, maior é quantidade de energia radiante convertida em energia térmica.

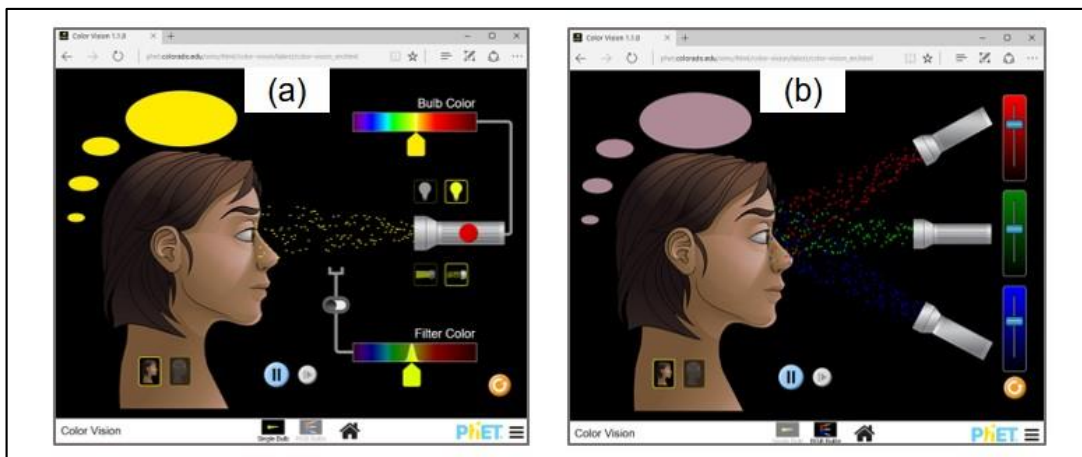
Para reforçar todos os conceitos desenvolvidos no módulo, utilizei o software de simulação da cor da visão<sup>51</sup> para que os alunos tivessem contato com outra forma analógica de abordagem dos conceitos sobre o *quantum* (Figura 19a), suas cores e composição de cores para formar outras (Figura 19b).

---

<sup>50</sup> Essa frase é associada à Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), publicado em 1789, no trabalho *Traité Élémentaire de Chimie*, traduzida para o português, originalmente como: “Porque nada se cria, nem nas operações da arte nem nas da natureza e pode-se estabelecer, em princípio, que, em toda operação há uma quantidade igual de matéria antes e depois da operação...” (NEVES; FARIAS, 2008). A biografia desse célebre nome da ciência está disponível em meio digital pela *American Chemical Society International Historic Chemical Landmarks* (1999).

<sup>51</sup> Foi utilizado o simulador “color vision”, disponíveis no sítio eletrônico da PhET Interactive Simulations: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/pt_BR).

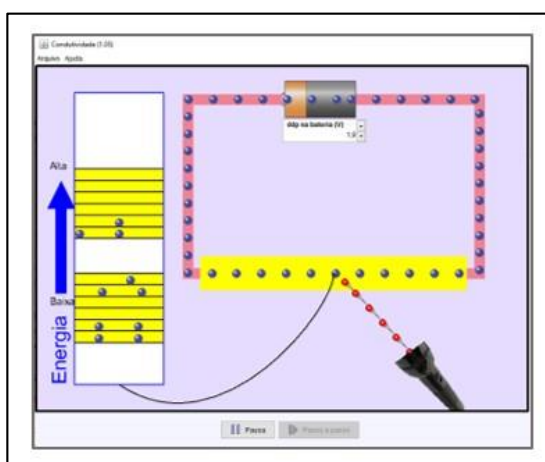
Figura 19 - Imagem do simulador "color vision" (versão 1.1.0), apresentando, em (a), um dispositivo para seleção da cor da fonte luminosa e outro para seleção de um filtro de cor e, em (b), três dispositivos para variação da intensidade das luzes vermelha, verde e azul, permitindo a composição de outras cores.



Fonte: imagem do simulador PhET Interactive Simulations editada pelo autor.

Então, retomamos a utilização do simulador de condutividade (utilizado no módulo 1) para que os alunos tivessem uma nova percepção dos fótons como fonte de energia, agora como indutor de uma corrente elétrica em um fotocondutor (Figura 20). Assim, também pudemos discutir sobre sensores de luminosidade, que (e.g.) são instalados em postes de iluminação pública para que as lâmpadas se ascendam automaticamente ao anoitecer.

Figura 20 - Imagem do simulador "Condutividade" (versão 1.0.5) representando uma corrente elétrica, em um fotocondutor, induzida por uma tensão e fótons de uma fonte luminosa.

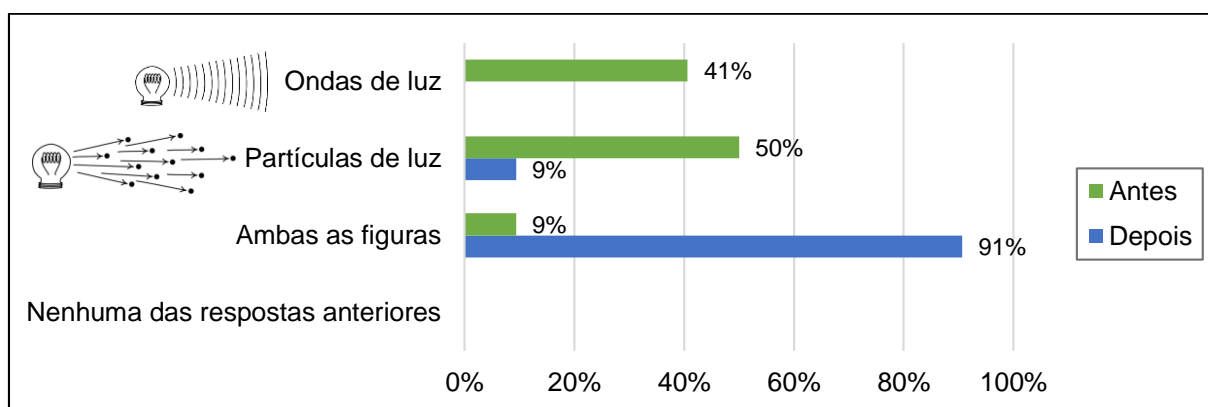


Fonte: imagem do simulador PhET Interactive Simulations editada pelo autor.

### 4.3.3 Análise do conhecimento e percepção dos estudantes

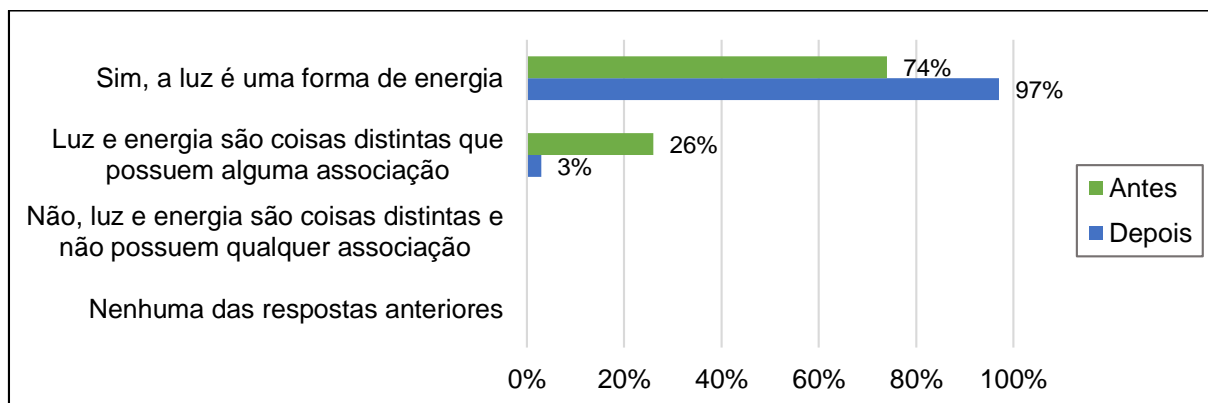
Ao analisarmos o Gráfico 11, podemos notar que antes da intervenção, os alunos tinham como ideia que o melhor modelo de representação da luz era ondas ou partículas. Entretanto, notamos que após a aplicação do módulo 2, 91% ( $N = 29$ ) dos alunos responderam que a luz se comportava tanto com onda como quanto partícula.

Gráfico 11 - Comparação da frequência absoluta de respostas para as questões (V e VI).4.2: Qual das seguintes figuras melhor representa o conceito de luz?



No Gráfico 12, vale ressaltar a mudança de resultados para questão 4.1. Se antes da intervenção 74% entendiam que a luz é uma manifestação de energia, após a SD, 97% ( $N = 33$ ) passaram afirmar que a luz é uma forma de energia.

Gráfico 12 - Comparação da frequência absoluta de respostas para as questões (V e VI).4.1: Se através da luz do sol podemos utilizar energia, então, podemos propor que a luz é energia?

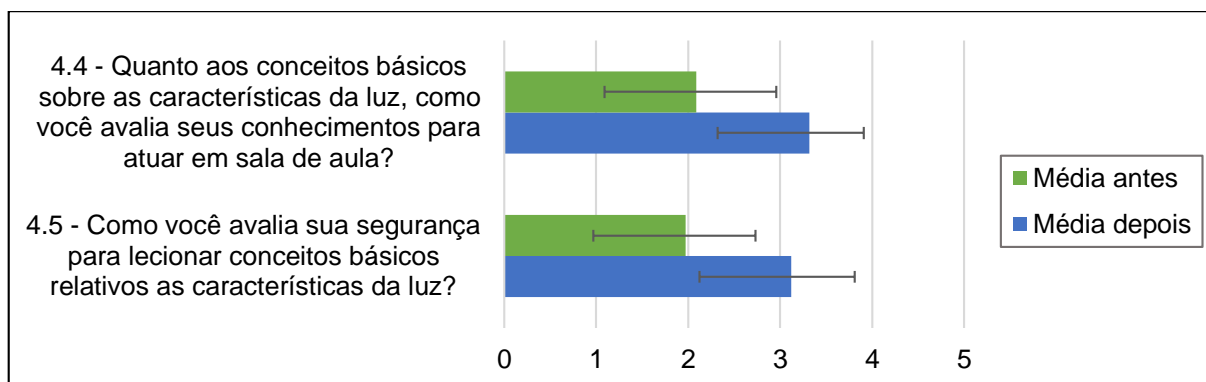


A autoavaliação dos alunos quanto ao nível de conhecimento para lecionar conceitos básicos sobre eletricidade (Gráfico 13), mostra uma mudança estatisticamente



significativa ( $p\text{-valor} < 0,05$ ) quanto a evolução do nível de conhecimento (Tabela 8), corroborando com os dados e resultados apresentados para os Gráficos 11 e 12.

Gráfico 13 - Comparação da média das respostas de autoavaliação do conhecimento e segurança para lecionar conceitos de eletricidade, para as questões ordinais entre o antes e o depois da intervenção.



\*A codificação das questões levou em consideração os seguintes critérios ordinais: 1 – insuficiente, 2 – ruim, 3 – regular, 4 – bom e 5 – excelente.

Tabela 8 - Comparação entre medianas das variáveis ordinais, 4.4 e 4.5, entre o antes e depois da intervenção seguido pelo teste de Wilcoxon para amostras pareadas.

Antes				Depois				p-valor
Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	
V.4.5	1,97	2	0,8	VI.4.5	3,12	3	0,69	<.0001
V.4.4	2,09	2	0,9	VI.4.4	3,32	3	0,59	<.0001

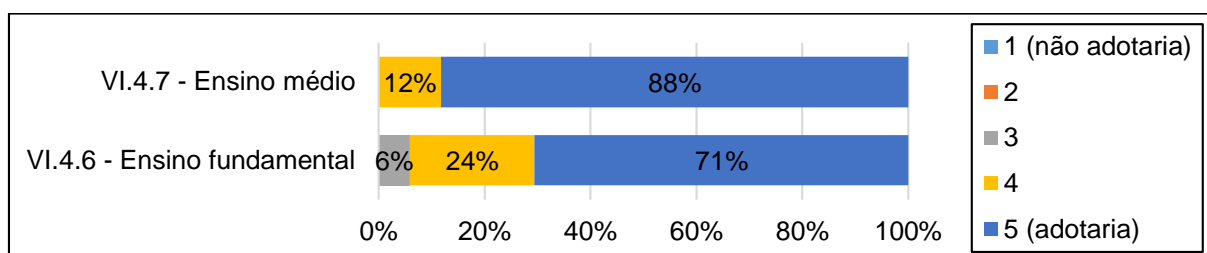
\* As questões 4.4 a 4.5 assume com resposta valores inteiros que podem variar de 1 a 5.

À evolução estatisticamente significativa na segurança para lecionarem conceitos básicos sobre as características da luz (Gráfico 13 e Tabela \*), podemos associar, como no módulo anterior, duas questões: o aumento do conhecimento quanto aos conceitos básicos do tema e o exemplo de estruturação metodológica para tratar do conteúdo. Quanto a esta última, podemos ressaltar a influência da utilização de materiais simples, associações das percepções visuais e térmicas cotidianas a vida do aluno e as simulações em *software*.

Lembrando que a metodologia adotada durante a SD propõe uma discussão problematizadora para conduzir a aprendizagem do aluno e que, portanto, não tem como característica a repetição de ou enunciação de conceitos para memorização de respostas. Podemos sugerir que a metodologia adotada para proposta de ensino

deste módulo causou impacto significativamente positivo no nível de conhecimento dos alunos.

Gráfico 14 - Percentual de resposta de cada uma das variáveis ordinais para questão: Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa "sim, adotaria" e 1 significa "não, não adotaria", como você avalia a possibilidade de adoção da metodologia de ensino de conceitos básicos relativos as características da luz apresentada nessa aula para cada um dos níveis de ensino que seguem?



Para discutir o ponto negativo (tempo), não apresentado no Quadro 8, apoiar-se em : “[...] será que “ensinar menos” não significa, na verdade, ensinar mais?”

“Portanto, não achas que a questão não é ir “contra o conteúdo”, mas sim contra a perversidade curricular?” p.107 BIZZO, N.; CHASSOT, A. Pontuando e contrapondo. In: ARANTES, V. A. (Ed.). . Ensino de ciência: pontos e contrapontos. São Paulo: Summus, 2013. p. 103–153.

Entretanto, ao analisarmos a variação para os resultados (Tabela 8) para as questões 4.3, não percebemos variação estatisticamente significativa quanto ao conhecimento dos alunos. Esse é um fato que podemos associar a um erro metodológico na estruturação da questão V.4.3 (Figura 21), que aceita como resposta correta uma indagação do senso comum, não se tratando de uma questão que faz com que o aluno necessariamente tente utilizar conceitos científicos. Diferentemente, a questão VI.4.3 (Figura 22) exige que o aluno pense sobre um instrumento tecnológico, sendo necessário o pensar científico. Por esse motivo, invalidamos

Tabela 9 - Comparação entre medianas das variáveis ordinais entre o antes e depois da intervenção seguido pelo teste de Wilcoxon para amostras pareadas.

Antes				Depois				p-valor
Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	

V.4.3	3.74	4	0.45	VI.4.3	3.85	4	0.36	0.2188
-------	------	---	------	--------	------	---	------	--------

Figura 21 - Questão V.4.3.

(V.4.3) Pensando no conforto térmico, em um quente dia de verão, você iria a praia com uma roupa de cor clara ou escura? Por que?

---

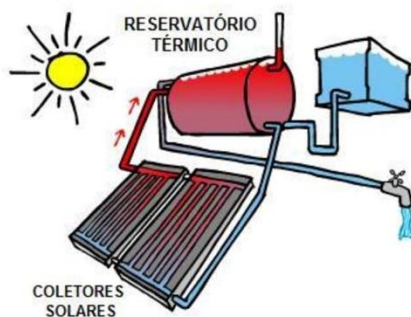


---

Fonte: autor.

Figura 22 - Questão VI.4.3.

(VI.4.3) Aquecedores solares de água são dispositivos como o da figura a baixo. Basicamente, são constituídos de um painel que fica exposto ao sol e um reservatório para manter a água aquecida, uma espécie de garrafa térmica gigante. De acordo com seus conhecimentos sobre a natureza da luz, responda: Para construção do painel solar (coletor solar) de um aquecedor, você utilizaria materiais de qual cor? Por que?




---



---

Fonte: autor.

Quadro 11- Frequências das categorias de características positivas apontadas para metodologia de ensino de conceitos de eletricidade, na questão VI.4.6.

Como se dá o ensino		Objetivo do ensino	Como se dá a experimentação
Dinâmica (13)	Eficiente (1)	Fácil entendimento (9)	Materiais de fácil acesso (3)
Exemplos cotidianos do conteúdo (9)	Esclarecedora (1)	Facilita aprendizagem do conteúdo (4)	Materiais didáticos (3)
Clara (8)	Estimula a participação dos alunos (1)	Associação com fotossíntese (2)	Utilização de software de simulação (2)
Didática (5)	Estimulante (1)	Associação entre prática e teoria (2)	Fácil de fazer (1)
Baixo custo (4)	Exemplificação dinâmica (1)	Clareza conceitual sem fórmulas (2)	Fácil de manipular (1)
Interativa (4)	Fácil (1)	Aplicação do conteúdo (1)	Materiais alternativos (1)
Lúdica (4)	Fácil de explicar (1)	Significativa (1)	Prática de fácil acesso (1)
Simples (3)	Interação da turma (1)		Uso do multimídia (1)
Agradável (1)	Legal (1)		Vídeos ilustrativos (1)
Criativa (1)	Menos cansativa (1)		
Diferente (1)	Objetiva (1)		
Divertida (1)			

#### 4.4 MÓDULO 3: A CONFECÇÃO DE CÉLULAS FOTOELETROQUÍMICAS

##### 4.4.1 Características estruturais do módulo e sequência didática adotada

Este módulo foi estruturado (Quadro 12) para que o aluno tivesse a oportunidade de construir o objeto tecnológico que é o foco da discussão desenvolvida em todas as etapas da SD. Além de uma prática experimental de confecção de CF, trata-se de uma atividade desafiadora quanto as habilidades manuais dos alunos, que exige o confronto entre a técnica utilizada e os conceitos desenvolvidos anteriormente.

Quadro 12 - Estrutura do módulo 3 da SD.

Objetivos		Atividade	Material	Conteúdo*		
1	Promover a prática experimental de confecção de CF.	Confeccionar CF.	Roteiro (Apêndice C).	P	C	A
2	Confrontar os resultados experimentais com os conceitos desenvolvidos nos módulos 1 e 2.	Relacionar conceitos e dados experimentais.	Lousa e pincel.	P	C	A

\* Os conteúdos foram classificados como: conceitual (C), procedimental (P) e atitudinal (A).

Fonte: autor

##### 4.4.2 Descrição da sequência didática

Todos os alunos receberam uma cópia do roteiro de aula práticas e, então, formaram grupos de dois a quatro integrantes. Antes de iniciarem a prática, realizamos uma leitura coletiva do texto introdutório do roteiro (Apêndice C) e discutimos as questões que se seguiam ao texto. Então, um a um, comecei a retirar de uma caixa cada um dos materiais descritos para prática experimental. Enquanto os colocava sobre uma carteira escolar, perguntava aos alunos se os conheciam. Com exceção do óxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), todos eram muito conhecidos pelo grupo. Ao fim, todos os materiais estavam sobre uma única carteira escolar e, ao afirmar que apenas aqueles materiais seriam suficientes para toda turma, alguns alunos se mostraram surpresos.

Para que a prática fosse desenvolvida em um tempo menor, adequada a carga-horária do minicurso, os alunos receberam as telas *touch screen* já preparadas para atividade. Assim, da etapa de “preparação da tela *touch screen*”, só tiveram que identificar a superfície condutora de cada uma das telas e organizá-las para os procedimentos seguintes.

Mesmo sendo alunos de cursos de graduação que têm grande carga-horária de prática de laboratório, no início, senti os alunos um pouco receosos quanto ao experimento. Estavam muito preocupados em não cometerem erros. Então, mais uma vez, lembrei a todos que se tratava de uma atividade na qual não corriam o risco de quebrar nada e, muito menos, intoxicarem-se com algum dos produtos. De todos os materiais, apenas os corantes poderiam ser prejudiciais à saúde, caso ingeridos. Além disso, esclareci que a atividade não apresentaria o mesmo resultado final para todos e que cada grupo poderia repetir a construção de sua célula quantas vezes fosse necessário dentro do tempo previsto. Assim, aos poucos, os alunos começaram a sentirem-se mais à vontade. A Fotografia 4 mostra quatro grupos de alunos confeccionando as CF.

Fotografia 4 - Grupos de alunos confeccionando as células fotoeletroquímicas.



Fonte: foto do autor.

Por motivos de economia, a pasta de  $\text{TiO}_2$  foi preparada por um único grupo, pois uma pequena quantidade seria suficiente para confecção de muitas células. Entretanto, tratava-se de uma tarefa crucial para todos os grupos, pois uma pasta com características ruins não permitiria bons resultados em sua utilização. Entretanto, alguns alunos pareciam ter um dom para atividades técnicas e conseguiram obter

ótimos resultados. A Fotografia 5 mostra um aluno preparando a pasta, misturando o óxido e o vinagre, em uma tigela de porcelana, com auxílio de uma colher de sopa.

Fotografia 5 - Preparação da pasta de  $\text{TiO}_2$ . Aluno misturando o óxido e o vinagre, em uma tigela de porcelana, com auxílio de uma colher de sopa.



Fonte: foto do autor.

Antes de utilizarem a pasta de  $\text{TiO}_2$  os alunos tinham que identificar a face condutor das duas lâminas de telas *touch screen* que utilizariam. Para isso, tiveram que utilizar o multímetro e alguns alunos nem precisaram de instruções, pois lembravam do que haviam feito no módulo 1.

A etapa seguinte, de espalhar uma camada fina e uniforme da pasta de  $\text{TiO}_2$  sobre a face condutora de uma lâmina da tela *touch screen*, sem dúvidas, foi a tarefa em que os alunos tiveram mais dificuldade. Para realiza-la, era necessário movimentar, em velocidade constante, um tubo esférico de caneta<sup>52</sup> sobre a tela com a pasta de  $\text{TiO}_2$ , fazendo formar uma camada fina e uniforme de óxido. Foi necessário que eu repetisse o procedimento em vários grupos para que eles conseguissem reproduzir. A Fotografia 6 mostra um aluno realizando o procedimento.

---

<sup>52</sup> Alternativa aos bastões de vidro, comuns em laboratórios de química.

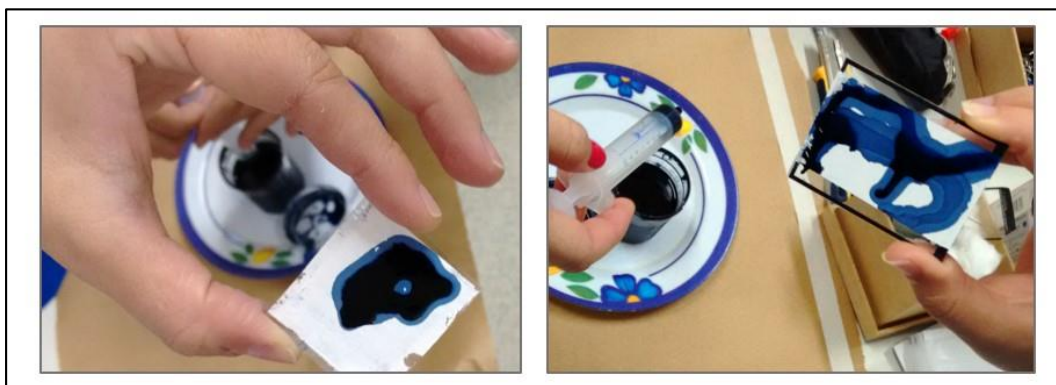
Fotografia 6 - Aluno espalhando a pasta de  $\text{TiO}_2$  sobre uma lâmina de tela touch screen.



Fonte: foto do autor.

Então, na tela com a pasta de  $\text{TiO}_2$ , após passar por um processo de secagem, com secador de cabos, os alunos depositavam algumas gotas de corante, com bastante cuidado para que a fina e seca camada de óxido não se rompesse. O efeito de capilaridade espalhando o corante sobre a superfície branca causava diversos efeitos (Fotografia 7), que deixavam os alunos muito empolgados e alguns até tiravam fotos do experimento.

Fotografia 7 - Deposição de corante sobre duas placas distintas cobertas por  $\text{TiO}_2$ .



Fonte: foto do autor.

A etapa seguinte, a mais simples de todas, mas, não menos importante, relacionava-se a preparação da segunda placa de tela *touch screen*, a qual os alunos atritavam um lápis 8B depositando grafite, como mostra a Figura 8.



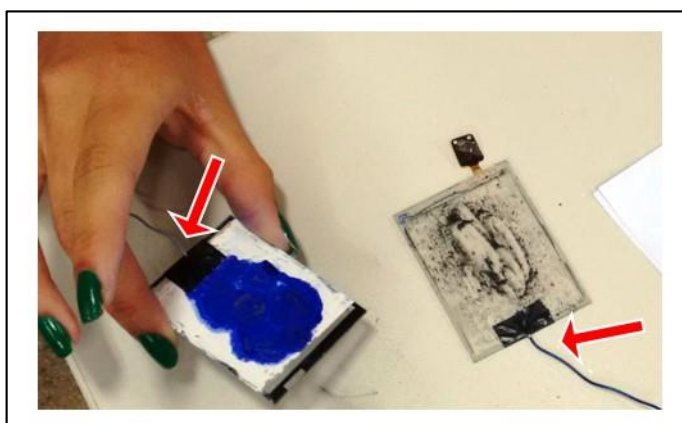
Fotografia 8 - Aluno atritando um lápis 8B sobre a superfície condutora de uma tela *touch screen*.



Fonte: foto do autor.

Sem destruir a camada de  $\text{TiO}_2$  impregnada com corante, os alunos tinham, então, a tarefa de fixar um pequeno fio à tela para que o fluxo de elétrons produzido na célula pudesse escoar por um circuito externo, onde ocorre o trabalho elétrico. Até esta etapa, os alunos tinham tomado muitos cuidados para preparação das telas e estavam muito preocupados em não estragarem todo o trabalho. Por isso, instrui um grupo de cada vez, executando o procedimento na tela com depósito de grafite, que também deveria receber um pequeno fio. Mesmo tratando-se de um trabalho artesanal, nada diferente de pequenas tarefas que poderiam ser executadas (e.g.) em casa, alguns alunos disseram que se tratava de uma atividade muito difícil. Entretanto, todos os grupos conseguiram realiza-la. A Fotografia 9 apresenta duas telas preparadas com os fios.

Fotografia 9 - Telas touch screen conectadas à um fio de cobre com auxílio de fita isolante, com uma seta vermelha indicando o ponto de conexão. À esquerda, uma tela com depósito de  $\text{TiO}_2$  e corante e, à direita, uma tela com depósito de grafite.

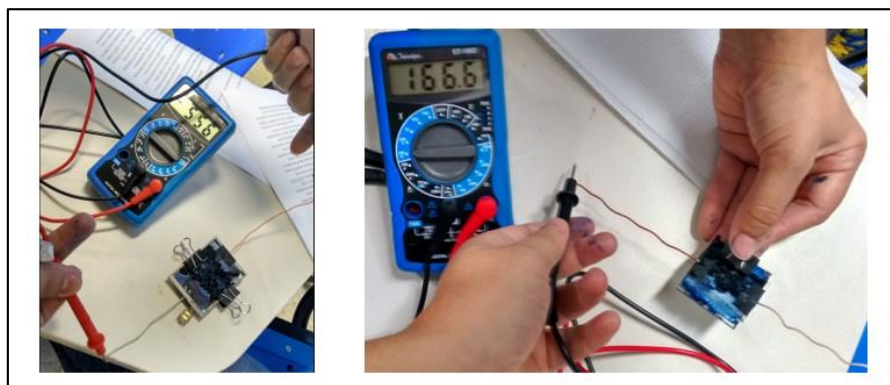


Fonte: foto do autor.

Apesar dos alunos terem o hábito de realizarem experimentos em laboratórios, práticas alternativas exigem técnicas diferentes, como a de espalhar a pasta de  $\text{TiO}_2$  e de fixar o fio nas telas com um pequeno pedaço de fita isolante. Por isso, essa não era uma atividade trivial de laboratório, exigindo dos alunos novas habilidade – em relação às habituais práticas de laboratório – e criatividade para trabalhar com materiais e instrumentos que não seguem a uniformidade dos equipamentos disponíveis em um laboratório.

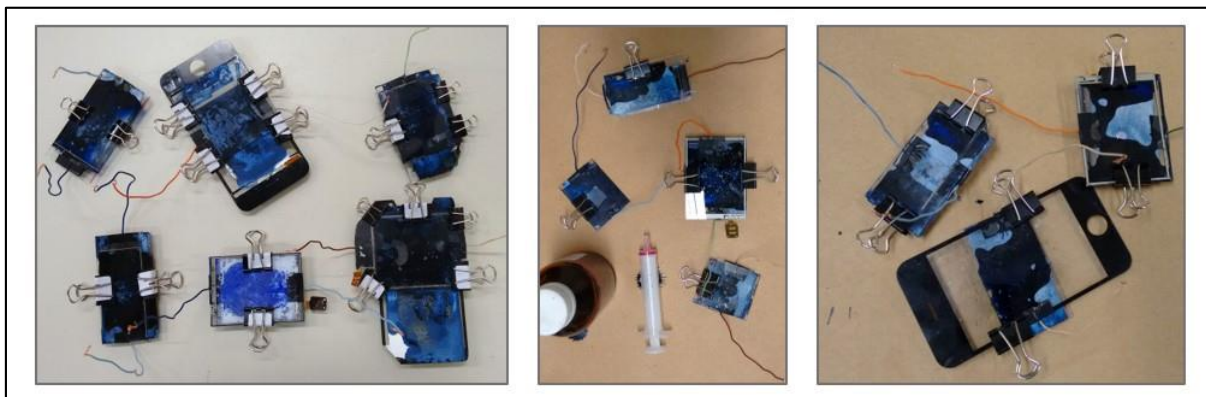
Então, após umedecerem, com xarope para tosse (fonte de  $I^-$ ), a placa preparada com  $\text{TiO}_2$  e corante, os alunos as uniram pelas faces condutoras e as fixaram com grampos. Assim, os alunos novamente tiveram que utilizar o multímetro, agora para mensurar a tensão gerada por cada uma das células. Esse foi um momento de euforia entre os alunos, pois eu havia prometido um prêmio a célula mais bonita, valorizando a técnica artesanal, e outro a célula que produzisse maior tensão, valorizando a técnica para produção do objeto tecnológico. As imagens da Fotografia 10 mostram as CF que apresentaram maior tensão (556 mV e 116,6 mV). As demais CF atingiram valores próximos ou inferiores a 100 mV. As imagens da Fotografia 11 mostram 13 das 15 CF confeccionadas pelos alunos.

Fotografia 10 - À esquerda, uma CF produzindo 556 mV, à direita, uma CF produzindo 116,6 mV.



Fonte: foto do autor.

Fotografia 11 - Treze das quinze CF produzidas durante todo minicurso.



Fonte: foto do autor.

Ao medirem a tensão de suas CF, os alunos receberam um LED<sup>53</sup> para que pudessem testar se a célula confeccionada seria ou não capaz de fazer algum dispositivo elétrico funcionar. Entretanto, nenhuma das CF foi capaz de acender um LED, o que deixou os alunos ficaram um pouco decepcionados. Todos tinham muita esperança de que o LED acenderia.

Então, a experimentação, que até então havia envolvido questões relacionadas a técnica, deu lugar a uma discussão que exigiu a retomada dos conceitos de eletricidade e sobre a luz. Assim, repliquei a pergunta que todos já se faziam:

I. Por que o LED não acendeu?

Após algum tempo, um aluno respondeu com uma pergunta: “se a minha CF apresentou tensão, então ela não deveria ligar alguma coisa?”. E fiz uma nova pergunta ao grupo:

I. Para que um dispositivo elétrico funcione, é preciso apenas de tensão elétrica ou existem outras variáveis envolvidas?

Então, outro aluno disse também seria necessário corrente elétrica. Alguns alunos, de posse do multímetro, tentaram medir corrente elétrica da CF e verificaram que a corrente era muito menor do que o equipamento podia medir, outros de imediato duvidaram da existência de corrente pelo fato do LED não ter acendido. Seguindo, apresentei mais uma questão aos alunos:

---

<sup>53</sup> Do inglês *Light Emitting Diode*, os LEDs diodos emissores de luz, ou seja, um tipo específico de lâmpada.

I. Se tem tensão, por que não tem corrente? Pensem na Lei de Ohm.

Corretamente, logo surgiu a resposta de que a resistência elétrica deveria ser muito grande para que aquela tensão fosse capaz de produzir uma corrente elétrica suficientemente alta para acender o LED. Então, informei aos alunos que o LED que haviam recebido só funciona com uma tensão mínima de  $1.000\text{ mV}$ , como especificado pelo fabricante. Ao perceberem que nenhuma CF tinha atingido esse nível de tensão, os alunos perguntaram se algo poderia ser feito. Então, expliquei que as CF funcionam como pilhas, que podem ser conectadas em série, fazendo as tensões se somarem, assim, por exemplo, duas pilhas de  $1.500\text{ mV}$  em série, em um controle remoto de televisão, produz  $3.000\text{ mV}$ . Imediatamente um aluno teve a iniciativa de pegar várias CF e conectá-las em série para testar um LED, mas não foi possível acendê-lo. Só então, ao somar a tensão produzida por todas as células de sua turma, percebeu que não seriam suficientes para atingir  $1.000\text{ mV}$ .

A CF despertou a curiosidade de alguns alunos para outro teste. Tampavam a luz que incidia sobre a célula para verificar se a tensão sofreria variação. Eles ficaram intrigados, pois a tensão não varia muito. Ao serem questionados por qual motivo esperavam que a ausência de luz ou menor quantidade levaria a uma diminuição da tensão, os alunos logo associaram a quantidade de luz à quantidade de energia elétrica produzida, fazendo alusão a conservação da energia. Complementando, expliquei que as CF têm como característica funcionarem em ambientes com pouca luz e que sofre o efeito da corrente escura, como cita Grätzel (2003).

Então, perguntei aos alunos se eles acreditam que poderiam construir uma célula com uma produção energética eficiente naquelas condições. Ao responderem que não, perguntei o que lhes impediam e logo responderam que não tinham os instrumentos necessários. Continuei indagando que o conhecimento científico que tínhamos não permite a produção de novos produtos sem que tivéssemos associados à outras tecnologias. Por isso, poderíamos afirmar que a falta de máquinas e equipamentos para (e.g) passar a pasta de  $\text{TiO}_2$  na placa era um dos grandes entraves ao perfeito funcionamento da CF por eles construída.

Adiante, parabeneizei os alunos, pois todos, no primeiro dia de tentativa tinha conseguido realizar uma atividade discutida por mais de dois anos entre minhas alunas de iniciação científica e eu. Continuei afirmando que, apesar da CF não ter

acendido um LED, eles realmente tinham construído uma célula de energia solar e, mais do que isso, sabiam utilizar conceitos científicos para explicar parte do seu funcionamento, bem como o motivo pelo qual alguns materiais foram utilizados.

#### **4.4.3 Análise do conhecimento e percepção dos estudantes**

Para descrever a prática, utilizar a sequência de parâmetros (pré-laboratório, experimentação em laboratório e pós-laboratório), como feito na p.312 de (TAMIR, 1977).

MULTÍMETRO: Para confecção de células fotoeletroquímicas, nesse contexto (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004, página 41), o multímetro tem grande importância. Entretanto, outros instrumentos também poderiam ser utilizados, permitindo um processo de observação, reflexão e construção conceitual do conhecimento ainda mais profundo.  
[ver outros instrumentos nos artigos de Smestad, Gratzel e outros da revisão bibliográfica]

5.2 expectativa quanto ao funcionamento da célula influenciando em 5.4

5.1 tem uma variação positiva (o experimento é mais fácil do que imaginavam), entretanto, 5.3 tem uma variação negativa e os alunos justificam que seria muito difícil controlar uma turma inteira para um experimento como esse.

Talvez essa deveria ser a primeira intervenção, seguindo os passos de Leodoro (ver mais sobre bricolagem e falar sobre engenharia reversa).

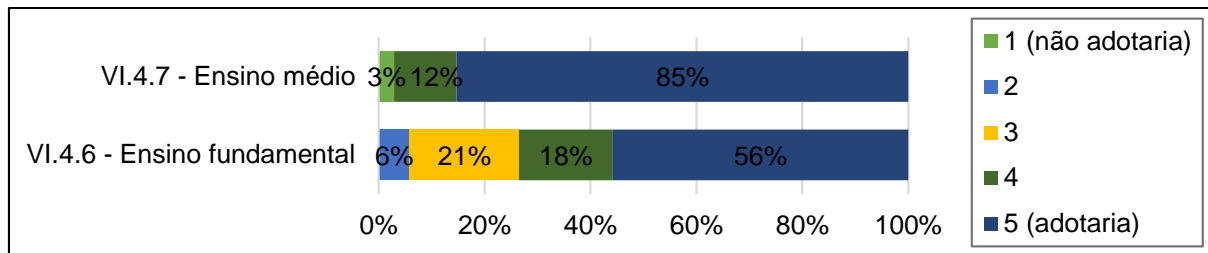
[não usar dados sobre percepção dos livros de ciências]

(TAMIR, 1977) apresenta duas estruturas diferentes de práticas de laboratório. Descrevê-las e definir qual adotamos e em que situação a outra (tradicional) seria válida (sem a estruturação de módulos da SD, por exemplo).

Ler p.96 de (CACHAPUZ et al., 2005)

Gráfico 15 - - Percentual de resposta de cada uma das variáveis ordinais para questão: Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa "sim, adotaria" e 1 significa "não, não adotaria", como você avalia a

possibilidade de adoção da prática de confecção de células fotoeletroquímicas como atividade experimental em sala de aula para cada um dos níveis de ensino que seguem?



Quadro 13 - Frequências das categorias de características positivas apontadas para metodologia de ensino de conceitos de **eletricidade**, na questão VIII.5.5.

<b>Como se dá o ensino</b>	<b>Objetivo do ensino</b>	<b>Como se dá a experimentação</b>
Interessante (8)	Estimula o raciocínio lógico (1)	Materiais de fácil acesso (14)
Associação entre prática e teoria (6)	Investigativa (1)	Baixo custo (3)
Didática (5)	Transversal (1)	Prática de fácil acesso (3)
Facilita aprendizagem do conteúdo (5)		Aluno realiza a prática (2)
Desperta o interesse (3)		Fácil de fazer (2)
Envolvente (2)		Prática em sala de aula (2)
Facilita a relação entre conceitos (2)		Prática nova (2)
Interação alunos-professor (2)		Valoriza trabalho coletivo (2)
Lúdica (2)		Interativa (1)
Atrativa (1)		Prática dinâmica (1)
Clara (1)		Produtiva (1)
Dinâmica (1)		Sustentável (1)
Divertida (1)		Técnica (1)
Estimula a participação dos alunos (1)		
Fácil (1)		
Interação da turma (1)		
Interdisciplinar (1)		
Motivadora (1)		
Prende atenção (1)		

## 4.5 MÓDULO 4: O MODELO ATÔMICO DE BOHR E AS REAÇÕES QUÍMICA

### 4.5.1 Características estruturais do módulo e sequência didática adotada

O quarto e último módulo foi estruturado para o desenvolvimento de conceitos que permitissem ao aluno compreender o processo químico – as reações químicas – que ocorrem na CF, produzindo eletricidade através da interação de uma molécula de corante com fótons de luz.

Quadro 14 - Estrutura do módulo 4 da SD.

Objetivos	Atividade	Material	Conteúdo*		
1 Compreender o modelo atômico de Bohr.	Leitura e interpretação textual. Simulação com maquete.	Texto e exercícios. Maquete do átomo de Bohr.	C	P	A
2 Associar o modelo atômico de Bohr ao processo de oxidação que acontece na CF.	Discussão coletiva.	Questão problema.	C	P	A
3 Relacionar os postulados do modelo de Bohr a fenômenos cotidianos	Leitura e interpretação textual.	Texto e exercício. Vídeo sobre fogos de artifícios.	C	P	
4 Compreender a formação de íons como um processo.	Leitura e interpretação textual. Simulação com maquete.	Texto e exercícios. Maquete do átomo de Bohr.	C	P	
5 Aprender a ler e escrever uma reação química.	Leitura e interpretação textual. Simulação com maquete.	Texto e exercícios. Maquete do átomo de Bohr. Vídeo ilustrativo.	C	P	

\* Os conteúdos foram classificados como: conceitual (C), procedimental (P) e atitudinal (A).

Fonte: autor.



#### 4.5.2 Descrição da sequência didática

As atividades do módulo iniciaram-se com a distribuição de uma folha impressa (Apêndice V) a cada um dos alunos, que se organizaram em grupos de dois ou três componentes para leitura e resolução dos exercícios propostos. Cada grupo também recebeu uma maquete do átomo do modelo atômico de Bohr (Figura 7).

A princípio, os alunos mostram-se um pouco assustados com o texto, muito provavelmente pela aparição da palavra postulado, não muito comum às suas atividades habituais. Então, perguntei se alguém poderia definir postulado para o contexto da leitura e logo um aluno disse que: se tratava de uma proposição admitida sem demonstração e que serve de ponto de partida para dedução de novas proposições.

Ao começarem a leitura das questões, alguns alunos comentaram que pareciam ser muito difíceis. Então, expliquei que se tratavam de questões que tinham como objetivo fazer com que o leitor retomassem partes do texto, onde lá estariam as respostas tais como deveriam ser dadas, ou seja, as respostas estavam explícitas no texto. Feito isso, os alunos prosseguiram realizando a leitura do texto e respondendo as questões através de simulações na maquete do átomo (Fotografia 12)

Fotografia 12 - Alunos realizando a atividade de leitura e interpretação textual, com o auxílio da maquete do átomo para simular a resposta das às questões propostas.



Fonte: foto do autor.

Após algum tempo, quando todos os grupos já haviam terminado a atividade, ofereci uma premiação a cada grupo de alunos que fosse a frente resolver uma questão apresentado uma simulação para resposta com a utilização da maquete. Aos que assistiam, cabia avaliarem se as respostas apresentadas estavam corretas ou não.

Quando começaram a apresentar as respostas, a maioria dos alunos afirmou que as questões eram bastantes fáceis após a leitura do texto. Essa atividade possibilitou que os alunos pudessem compreenderem questões básicas e de extrema importância quanto a interação de um *quantum* de luz (conceito desenvolvido no módulo 2) e os elétrons de um átomo ou molécula.

Então, apresentei aos alunos um novo problema, com o objetivo de que pudessem conectar o conceito de corrente elétrica desenvolvido no módulo 2 à interação de uma molécula com o *quantum* de luz:

- I. Qual das respostas do questionário do texto que acabamos de ler mais se relaciona com o processo químico que ocorre na célula fotoeletroquímica para o seu principal propósito?

Até pensei que seria uma resposta que surgiria de imediato, até porque eu havia dobrado a premiação para quem a apresentasse. Os grupos de alunos retomaram as questões do texto anterior em busca de uma resposta, mas, não se tratava de uma resposta óbvia, porque não era exatamente um dos postulados de Bohr, mas uma situação de extrapolação dos mesmos. Após um tempo, surgiu a resposta correta: se um elétron na última órbita recebesse energia suficiente para deixá-la, ele sairia do átomo e poderia constituir um fluxo de elétrons por um fio, produzindo corrente elétrica (eletricidade). Confesso que ouvir essa resposta foi nostálgico, pois os alunos haviam conseguido conectar as três estruturas conceituais (eletricidade, luz e modelo atômico), dando o primeiro passo para compreensão de uma tecnologia através de uma visão científica não fragmenta.

Apresentando uma nova temática (fogos de artifício) para contextualização do modelo atômico, os postulados de Bohr foram retomados na atividade do texto apresentado no Apêndice W. Durante o exercício, os alunos tinham que fazer a leitura do texto e preencherem algumas lacunas de palavras excluídas do documento original, retirado de uma revista de grande circulação que se dedica às temáticas ciência, tecnologia, sociedade e cultura. O grupo de alunos que concluísse a atividade em menor tempo receberia uma premiação.

Antes da correção coletiva do exercício, os alunos assistiram um pequeno vídeo<sup>54</sup>, que também tratava da ciência por trás dos fogos de artifícios. Então, realizamos uma leitura circular do texto e o parágrafo que concentrava as lacunas foi lido pelo grupo que primeiro havia concluído a atividade. Todos os alunos conseguiram concluir o exercício, respondendo corretamente.

Mas, para que o processo como um todo (de produção de energia elétrica na CF) pudesse ser desenhado de forma escrita na linguagem científica, ainda era necessário desenvolver os próximos objetivos deste módulo: aprender a ler e escrever uma reação química. Então, distribuí mais uma atividade (Apêndice X) que se iniciava pela percepção de um processo, que posteriormente seria escrito como uma equação química.

A primeira parte da atividade tinha como objetivo promover a percepção do átomo como um todo – núcleo, constituído de prótons e nêutrons, e eletrosfera com seus elétrons – e a formação de íons. Então, munidos da maquete do átomo para simulação, os alunos preenchiavam lacunas do enunciado, mostravam a carga líquida do átomo através de um cálculo de adição e faziam a representação simbólica do elemento químico em questão. Durante a prática de resolução desta atividade, merecem destaque dois pontos marcantes:

- a. A associação dos sinais positivo e negativo, respectivamente aos prótons e elétrons, causava dificuldade nos alunos para que efetuassem operações de adição entre as quantidades de prótons e elétrons.
- b. Por se tratarem de alunos de graduação e devido ao limite de tempo para realização do minicurso, a estrutura do átomo não havia sido definida com tantos cuidados quanto havia sido feito para os conceitos que figuram como objetivos da SD. Então, alguns alunos de LCB, mesmo que não conseguissem efetuar tal simulação na maquete, erroneamente, supuseram que para formação do íon, um átomo poderia perder prótons. Esse fato, mostrou que alguns alunos tinham deficiência quanto a conceitos fundamentais da estrutura do átomo.

---

<sup>54</sup> O vídeo “A Química do Fogo de Artifício” pode ser acessado no site A Química das Coisas, disponível em: <http://www.aquimicadascoisas.org/?episodio=a-qu%C3%ADmica-do-fogo-de-artif%C3%ADcio>.

Então, foi necessário retomar a estrutura do átomo de forma mais pontual e pausadamente, definindo as possibilidades para movimentação das partículas subatômicas, especialmente do núcleo. Também, foi necessário desenvolver, na lousa, os cálculos de adição de cargas, pontuando cuidadosamente o procedimento de adição de um número positivo e outro negativo, uma vez que o sinal entre parênteses (Eq. 8) referia-se tanto a propriedade das partículas subatômicas quanto a um sinal da função. A equação a seguir representa a resolução do exercício 1 (Apêndice X), tal qual desenvolvida com os alunos:

$$\begin{array}{rcl}
 4(+)&& \text{prótons} \\
 + & 3(-) & \text{elétrons} \\
 \hline
 1(+)&& \text{carga do íon}
 \end{array} \quad (\text{Eq. 8})$$

Alguns alunos sugeriram que eu utilizasse como método de cálculo uma “fórmula” muito presente nos livros didáticos do ensino fundamental (Eq. 9), que utiliza as quantidades de prótons ( $p$ ) e elétrons ( $\bar{e}$ ) da seguinte maneira:

$$\text{carga do íon} = p - \bar{e} \quad (\text{Eq. 9})$$

Então, expliquei aos alunos que propositalmente fiz a escolha por não utilizar a Eq. 9 pelos seguintes motivos:

- a. Para utilizar a Eq. 9, o aluno pode simplesmente contabilizar prótons e elétrons, favorecendo um processo mecânico que pode desconsiderar uma propriedade que realmente diferencia as partículas subatômicas, a carga elétrica;
- b. Assim, a falta de compreensão do elétron como carga elétrica pode não favorecer a percepção do aluno quanto a relação elétron e corrente elétrica, bem como outras desenvolvidas no ensino de física e química.

Na segunda parte da atividade do Apêndice X, os alunos foram apresentados a um conjunto de regras para escrita de uma equação química. Os enunciados dos exercícios apresentavam uma definição para oxidação e redução, os quais os alunos deveriam descrever simbolicamente nas lacunas que se seguiam, bem como representar na maquete do átomo. Como sempre, enquanto os alunos realizavam a atividade, eu percorria a sala, auxiliando os grupos.

Alguns alunos tiveram dificuldades para construir as equações químicas, então, quando eu reforçava que utilizassem a maquete para reproduzirem passo a passo o processo químico, anotando cada uma das espécies participantes (átomos, íons e elétrons), o exercício era concluído corretamente. Aparentemente, os alunos tinham algum tipo de segurança quanto aos conhecimentos anteriores e, por isso, nesta atividade não utilizavam a maquete desde o início, incorrendo no erro.

Depois de concluírem as atividades, cada grupo foi à lousa para resolver um exercício e representar sua simulação com a maquete. Novamente, os alunos que assistiam ficaram incumbidos de avaliarem as respostas apresentadas.

Então, para ilustrar a presença dos íons no cotidiano dos alunos, utilizei um vídeo<sup>55</sup> que tratava sobre o sal de cozinha (cloreto de sódio, NaCl), o qual favoreceu uma discussão sobre o processo osmótico celular e a quantidade máxima de NaCl que pode ser consumida diariamente. Os alunos de LCB ficaram particularmente interessados pela discussão sobre osmose, pois o assunto favorecia a compreensão de sistemas biológicos. Ao final da discussão, na lousa, mostrei aos alunos quais eram as características dos íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) e sódio ( $\text{Na}^+$ ) quanto a quantidade de elétrons na eletrosfera e prótons no núcleo.

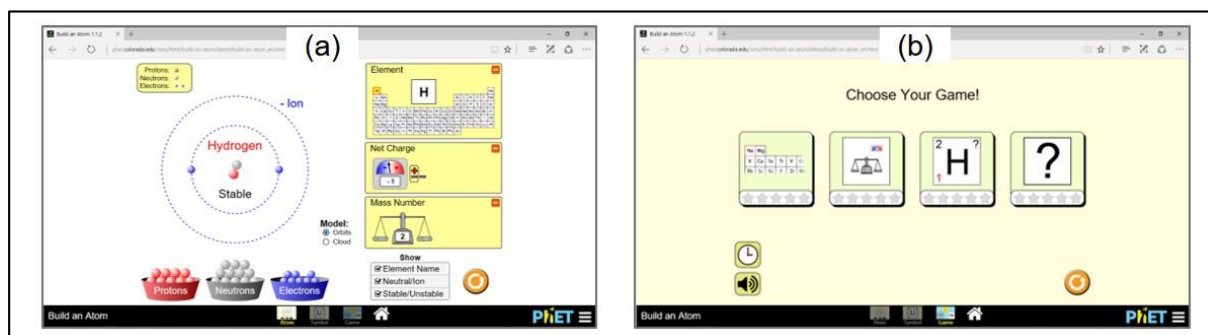
Em seguida, mais um *software* de simulação<sup>56</sup> foi apresentado aos alunos, permitindo a construção de diferentes configurações de núcleos (prótons e nêutrons) e eletrosferas (elétrons) para formação de íons (Figura 23a). O *software* também foi utilizado para visualizar o símbolo do elemento construído e sua estabilidade quanto ao núcleo, o que poderia ser utilizado para tratar do assunto radioatividade atômica. Os alunos foram estimulados a testarem o *software* em casa, para que utilizassem a opção jogo (Figura 23b), que apresenta um conjunto de perguntas sobre os conceitos relacionados ao tema.

---

<sup>55</sup> O vídeo “A Química do Sal” pode ser acessado no site A Química das Coisas, disponível em: <http://www.aquimicadascoisas.org/?episodio=a-qu%C3%ADmica-do-sal>

<sup>56</sup> Foi utilizado o simulador “Build an Atom”, disponíveis no sítio eletrônico da PhET Interactive Simulations: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/pt_BR).

Figura 23 - Imagem do simulador "Build an Atom" (versão 1.1.2) representando, em (a), o simulador para construção de átomos com diferentes opções de resultados para cada composição e, em (b), a opção jogo do simulador, com quatro diferentes jogos possíveis a escolha do usuário.



Fonte: imagem do simulador PhET Interactive Simulations editada pelo autor.

Apesar das dinâmicas com a maquete, trabalho em grupo, discussão coletiva sobre as questões e vídeos, este módulo foi marcado por mais atividades de leitura do que os demais. Por esse motivo, alguns alunos disseram que, no curto tempo que tiveram, era uma atividade um pouco cansativa. Este módulo também se diferenciou dos demais por apresentar menos problematizações e uma estruturação conceitual mais volumosa.

#### 4.5.3 Análise do conhecimento e percepção dos estudantes

Gráfico 16 - Comparação da média das respostas às questões ordinais entre o antes e o depois da intervenção sobre conceitos de modelo atômico de Bohr, oxidação e redução.

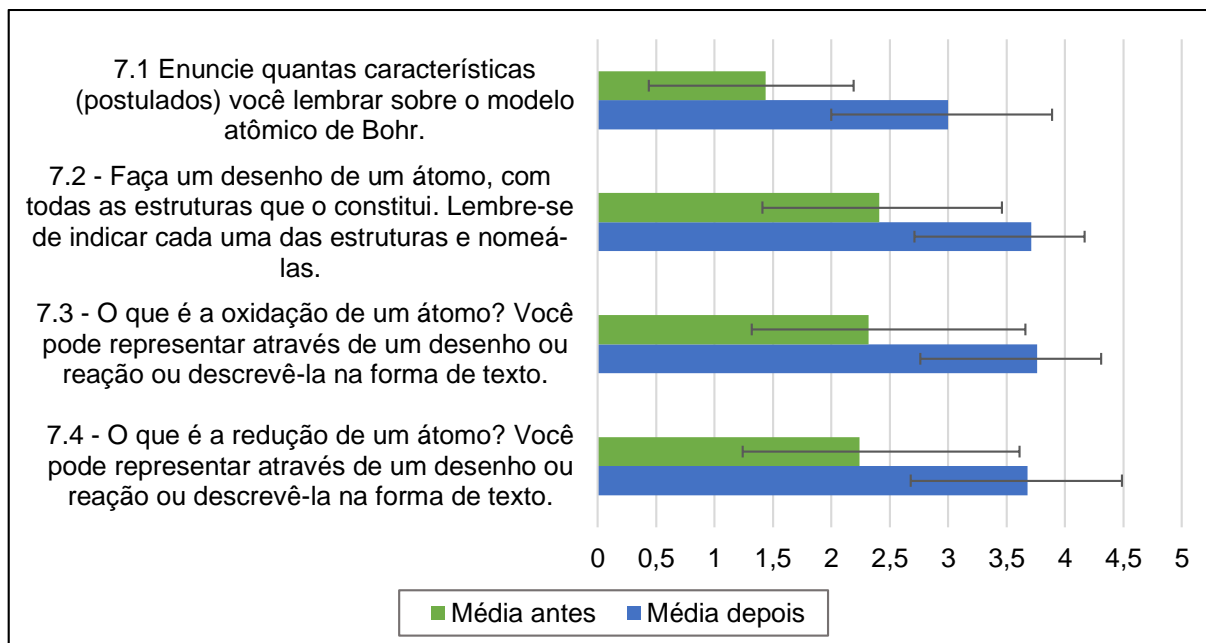


Gráfico 17 - Comparação da média das respostas de autoavaliação do conhecimento e segurança para lecionar conceitos de eletricidade, para as questões ordinais entre o antes e o depois da intervenção.

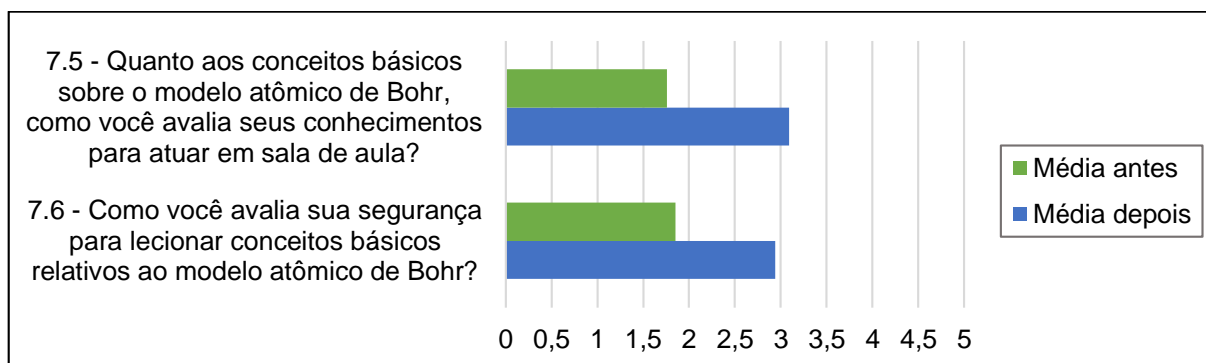


Gráfico 18 - Comparação da média das respostas de autoavaliação do conhecimento e segurança para lecionar conceitos de eletricidade, para as questões ordinais entre o antes e o depois da intervenção.

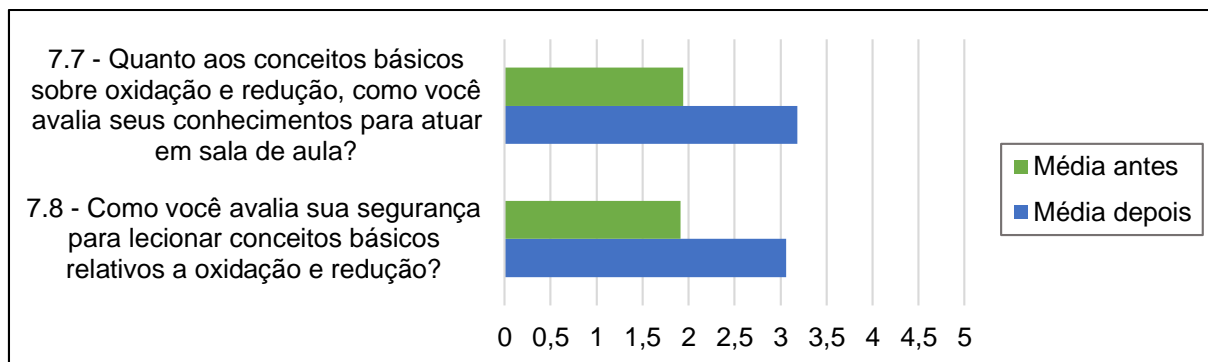
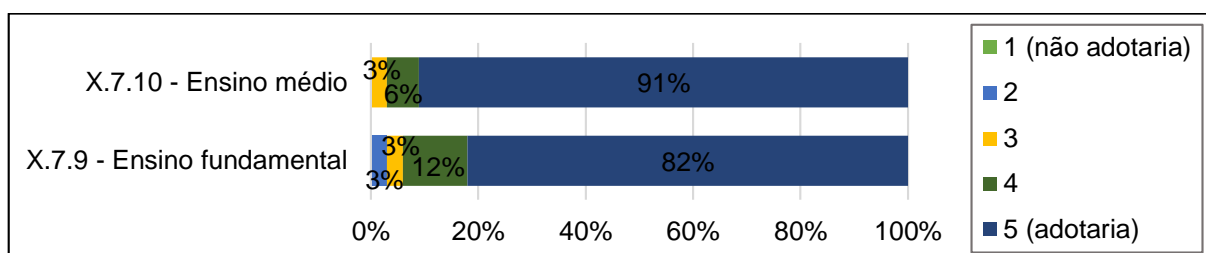


Tabela 10 - Comparação entre medianas das variáveis ordinais entre o antes e depois da intervenção seguido pelo teste de Wilcoxon para amostras pareadas.

Antes				Depois				p-valor
Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	
IX.7.1	1,44	1	0,75	X.7.1	3	3	0,89	<.0001
IX.7.2	2,41	2	1,05	X.7.2	3,71	4	0,46	<.0001
IX.7.3	2,32	2	1,34	X.7.3	3,76	4	0,55	<.0001
IX.7.4	2,24	2	1,37	X.7.4	3,68	4	0,81	<.0001
IX.7.5	1,76	2	0,82	X.7.5	3,09	3	0,83	<.0001
IX.7.6	1,85	2	0,86	X.7.6	2,94	3	0,81	<.0001
IX.7.7	1,94	2	0,85	X.7.7	3,18	3	0,8	<.0001
IX.7.8	1,91	2	0,79	X.7.8	3,06	3	0,74	<.0001
IX.7.1	1,44	1	0,75	X.7.1	3	3	0,89	<.0001



Gráfico 19 - Percentual de resposta de cada uma das variáveis ordinais para questão: Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa "sim, adotaria" e 1 significa "não, não adotaria", como você avalia a possibilidade de adoção da metodologia de ensino de conceitos básicos relativos as características do modelo atômico de Bohr, oxidação e redução apresentada nessa aula para cada um dos níveis de ensino que seguem?



Quadro 15 - - Frequências das categorias de características positivas apontadas para metodologia de ensino de conceitos de **eletricidade**, na questão X.7.11.

<b>Como se dá o ensino</b>		<b>Como se dá a experimentação</b>
Facilita aprendizagem do conteúdo (16)	Assunto tratado de forma concreta (1)	Materiais didáticos (7)
Didática (8)	Construtiva (1)	Baixo custo (6)
Dinâmica (8)	Criativa (1)	Valoriza trabalho coletivo (3)
Lúdica (6)	Divertida (1)	Fácil de manipular (2)
Associação entre prática e teoria (4)	Elaborado (1)	Prática (2)
Clara (4)	Fácil de explicar (1)	Alternativa para ensino especial (1)
Acessível (2)	Fácil de fazer (1)	Materiais de fácil acesso (1)
Atrativa (2)	Fácil entendimento (1)	Prática dinâmica (1)
Desperta o interesse (2)	Interativa (1)	
Diferente (2)	Lógica (1)	
Facilita compreensão do abstrato (2)	Palpável (1)	
Ilustrativa (2)	Prende atenção (1)	
Interessante (2)	Significativa (1)	
Objetiva (2)	Texto curto (1)	
Simples (2)	Uso do multimídia (1)	
Vídeos ilustrativos (2)	Visual (1)	

## 4.6 PRODUÇÃO FINAL

### 4.6.1 Características estruturais do módulo e sequência didática adotada

Quadro 16 - Estrutura etapa de produção final da SD.

Objetivos	Atividade	Material	Conteúdo*		
1					
2					
3					
4					
5					

\* Os conteúdos foram classificados como: conceitual (C), procedimental (P) e atitudinal (A).

Fonte: autor

### 4.6.2 Descrição da sequência didática

### 4.6.3 Análise do conhecimento e percepção dos estudantes

Sobre o quadro de frequências categóricas que segue, verificar a negativa do professor com relação ao tempo em Zabala posição 375.

Buscar resultados negativos para o quadro 1. Verificar categorização na planilha de Excel.

Discutir cada uma das etapas do processo em função do que propõe Zabala na posição 1413

Em (HEYWOOD, 2002) é feita uma discussão sobre o uso de analogias como as que foram feitas na minha maquete. Ver também em (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004), no título “Simulation and the Laboratory”.

Ver a pontencialidade de maquete quanto a estruturação da linguagem científica em (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003)

Para o cabo de guerra, ver o título “analogies and metaphors” no Handbook of research on science education (p.379)

Ver “ciência como processo” em (FURMAN, 2009)

[Essa etapa de produção final pode ser considerada como um processo de avaliação do tipo somativo, no caso de aplicação em sala de aula. Ver Schneuwly e Dolz (2004, p.90)

Essa etapa permitiu uma revisão dos conceitos. Ver em Schneuwly e Dolz (2004, p.94)

Apelo a necessidade de formação de professores: (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007)

#### 4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância do professor capacitado para aplicar a sequência didática: Schneuwly e Dolz (2004, p.93). Associar essa discussão ao repentino desenvolvimento dos conceitos de luz em função do processo de fotossíntese no cloroplasto, quando tive que modificar minha objeto de representatividade do conteúdo abordado. Nesse sentido, segundo Dolz (2004, p.94) aponta que “a adaptação das sequências didáticas às necessidades dos alunos exige, da parte do professor: [...] prever e elaborar, para

os casos de insucesso, um trabalho mais profundo e intervenções diferenciadas no que diz respeito às dimensões mais problemáticas.”

#### PRÁTICA:

Os próprios alunos podem ficar incumbidos de recolherem as telas e prepara-las, até mesmo em casa.

Não se pode encarar a confecção e células fotoeletroquímicas como um procedimento unitário, mas sim como um conjunto de aprendizagens específicas de conceitos e áreas variadas. Não é por que se domina um determinado conceitos científico que se compreende o processo de produção e o funcionamento de um artefato tecnológico. Cada conceito necessita de um ensino adaptado, pois apresenta características distintas: a luz, por exemplo, não é percebida da mesma maneira por todos quando interage com a matéria. Entretanto, vários conceitos de ciências, como os de física e química abordados em nossa sequência didática, podem ser agrupados em função da estruturação de uma ideia central (a célula de energia solar). (texto adaptado de Dolz, 2004, p.101). Ver “ciência como processo” em (FURMAN, 2009)

[SOFTWARE DE SIMULAÇÃO] Ver “demonstrations Enhanced by computer software” em Handbook of research on science education (p.375). ver tb p.411

O agrupamento de conceitos para construção progressiva do conhecimento é uma forma econômica de pensar o processo de ensino-aprendizagem que tenha significado para o aluno. A retomada de exemplo e conceitos, a cada um dos módulos, permitia uma evolução mais rápida do que se pretendia abordar em sala de aula.

Segundo a proposta de Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004, p. 85), em uma sala de aula regular, a SD pode ser realizada como um projeto de classe, elaborado durante a apresentação da situação, o que torna as atividade de aprendizagem significativas e pertinente.

Segundo Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004, p. 87), a avaliação do conhecimento, realizada em cada um dos módulos, como fizemos através de questionários, “constituem momentos privilegiados de observação, que permitem refinar a

sequência, modulá-la e adaptá-la de maneira mais precisa às capacidades reais dos alunos de uma dada turma”. Nesse contexto, vale ressaltar a importância do planejamento modular da SD, o que facilita suas adaptações às diferentes necessidades.

**Sobre a fotossíntese...** Apesar de não termos inserido os conceitos de biologia como parte dos conteúdos a serem desenvolvidos na SD, a percepção do real significado da ciência seriam impossível se tentássemos uma construção didática que tivesse como único intuito apresentar conceitos de física e química. Vale ressaltar que a discussão aqui proposta é essencialmente interdisciplinar para o trabalho no ensino fundamental, quando as ciências física, química e física se fundem em uma única componente curricular e para as disciplinas de Física, Química e Biologia do EM...

**Seguir a estrutura de “capitalizar as aquisições” (Dolz, 2004, p.89) para discutir a evolução dos alunos quanto a utilização da linguagem técnica. Citar a dificuldade quanto a modificação da expressão de estruturas vulgares da língua, como por exemplo, ao chamar tensão de voltagem, que talvez tenha sido forte no grupo devido à idade e costumes já há muito adquiridos.**

Apesar de ser possível fazer uma ou outra alteração na sequência dos módulos, para SD proposta neste trabalho vale ressaltar uma importante observação:

O caráter modular das atividades não deverá obscurecer o fato de que a ordem dos módulos de uma sequência didática não é aleatória. Se vários itinerários são possíveis, certas atividades apresentam uma base para realização de outras (DOLZ; NOVERRAZ; SCHNEUWLY, 2004, p. 94).

**IMPORTANTÍSSIMO: (orientação metodológica). Seguir a estrutura de Dolz (2004, p. 107).**

**Ensino Fundamental ou Ensino Médio? (Dolz, 2004, p. 107)**

Como um todo, como a questão procedimental, de conteúdo e atitudinal tem pode ser avaliada (ver Zabala, posição 1384).

Ver Dolz (2004, p.108)

A modularidade e diferenciação da SD em andamento, pode causar dificuldades ao professor. Fazer uma discussão sobre a questão. Ver Dolz (2004, p. 93).

Opitamos por desenvolver maquetes como ferramentas para a SD devido a modularidade (Dolz, 2004) e Hands-on ou atividades práticas experimentais, também, chamadas traduzidas como atividades em que o aluno “põe a mão na massa”:

- Por que elas foram escolhidas em meio as possibilidades do uso de simuladores computacionais?
  - Propiciar a apresentação de uma atividade possível onde é difícil lecionar com o auxílio da informática.
  - Segundo algumas pesquisas (MICHAEL, 2001) elas não são menos eficientes do que aquelas desenvolvidas em computador.
  - Elas interferem positivamente no processo de ensino-aprendizagem (STOHR-HUNT, 1996)
  - São mais acessíveis e podem ser criadas tanto por professores quanto por alunos.

Ainda sobre as maquetes, vale traçar uma discussão como em (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003).

**[CUSTO DAS MAQUETES]** Vale ressaltar que, inevitavelmente, os itens de 1 a 6, da Tabela 1 [ver tabelas nos Apêndices A e B], quase sempre serão adquiridos em quantidade maior que a necessária para confecção do conjunto de maquetes propostas. Assim, para construção de um número maior de conjuntos de maquetes, o valor total para confecção das maquetes da primeira versão pode custar em torno de 12% mais barato. Fazendo a mesma comparação com os itens de 1 a 9, da Tabela 2, o valor total para confecção das maquetes da segunda versão pode custar em torno de 18% mais barato.

Em Dolz (p. 103) observar as questões que devem ser consideradas para uma SD desenvolvida em sala de aula em relação a uma estrutura de SD realizada experimentalmente, como que eu fiz.

## 5 CONCLUSÃO

Ver Zabala, posição 1402.

Cabe ressaltar que a concordância entre as analogias utilizadas com os modelos (maquetes) desenvolvidos deve ser melhor estudado. Ver em (HEYWOOD, 2002; RE, 2000)

Responder: Para utilizar a SD proposta, o professor tem que construir todas as maquetes?

De fato, a sequência didática que proponho é diferente de muitas que têm sido aplicadas nas escolas brasileiras, não só por sua concepção interdisciplinar, mas também por sua dimensão tecnológica. Uma atividade repleta de experimentos simples, mas distante da “Esta falta de trabalho experimental tem como uma das causas, a escassa familiarização dos professores com a dimensão tecnológica e vem por sua vez reforçar as visões simplistas sobre as relações ciência-tecnologias [...]” CACHAPUZ, A. et al. A Necessária renovação do ensino das ciências. São Paulo: Cortez, 2005. p.46. Diante de todos os problemas para o ensino de ciências, apresentamos uma ferramenta para contribuir com um dos problemas, a falta de atividades com cunho tecnológico. A formação de professores é outro problema que não cabe ser discutido nesse momento.

Hofstein e Lunetta (2004) afirmam que nos últimos 20 anos, otimistamente, muito crédito tem sido dado ao potencial do uso de tecnologias para aumentar a aprendizagem, entretanto, apenas uma quantidade limitada de informações objetivas tem sido coletadas sobre a eficácia dessas tecnologias e importância dos resultados no processo de aprendizagem. Nesse contexto, a SD proposta neste trabalho ainda deve ser analisada com testes em sala de aula do ensino básico, para apontar a suas reais possibilidades de contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.



## REFERÊNCIAS

- AGNALDO, J. S. et al. Células solares de TiO<sub>2</sub> sensibilizado por corante. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 77–84, 2006.
- ALVES, J. **MP acompanha Chamada Escolar para evitar falta de vagas no Amapá**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2015/10/mp-acompanha-chamada-escolar-para-evitar-falta-de-vagas-no-amapa.html>>. Acesso em: 22 jan. 2016.
- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY INTERNATIONAL HISTORIC CHEMICAL LANDMARKS. **Antoine-Laurent Lavoisier: The Chemical Revolution**. Disponível em: <<http://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/lavoisier.html>>. Acesso em: 10 fev. 2016.
- AZEVEDO, M.; CUNHA, A. **Fazer uma célula fotovoltaica**. Disponível em: <<http://www.cienciaviva.pt/docs/celulafotovoltaica.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2015.
- BALDI, S. et al. **Highlights From PISA 2006: Performance of U.S. 15-Year-Old Students in Science and Mathematics Literacy in an International Context**. DC Washington: [s.n.].
- BARBOSA, A. G. H. A Estranha e Contraditória Relação entre os Químicos e a Química Teórica. **Revista Virtual de Química**, v. 1, n. 3, p. 212–226, 2009.
- BARDIN, L. **Análise do conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARTON, T. R.; DIETZ, T. J.; HOLLOWAY, L. L. Using a Pretest-Posttest Design to Evaluate Continuing Education Programs. **Professional Development: The International Journal of Continuing Social Work Education**, v. 4, n. 1, 2001.
- BIANCO, G.; GRECO, S. J. **Projeto Pedagógico do Curso de Química na Modalidade Licenciatura**. Disponível em: <<http://www3.ceunes.ufes.br/downloads/PP/50.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2015.
- BISHOP, R. C. Patching Physics and Chemistry Together. **Philosophy of Science**, v. 72, n. 5, p. 710–722, 2005.
- BIZZO, N.; CHASSOT, A. Pontuando e contrapondo. Em: ARANTES, V. A. (Ed.). **Ensino de ciência: pontos e contrapontos**. São Paulo: Summus, 2013. p. 103–153.
- BIZZO, N.; CHASSOT, A.; ARANTES, V. A. Entre pontos e contrapontos. Em: BIZZO, N.; CHASSOT, A.; ARANTES, V. A. (Eds.). **Ensino de ciências: pontos e contrapontos**. São Paulo: Summus, 2013.
- BLINDEX. **O que é vidro float?** Disponível em: <<http://www.blindex.com.br/sobre-a-blindex/historia-do-vidro/o-que-e-vidro-float>>. Acesso em: 4 jan. 2016.
- BOYLESTAD, R. L. **Introdução à análise de circuitos**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Disponível em:

<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO. CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, 2000.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. **Parâmetros curriculares nacionais terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: ciências naturais** Brasília MEC/SEF, , 1998.

BRICCIA, V. Sobre a natureza da Ciência e o ensino. Em: CARVALHO, A. M. P. (Ed.). **. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 111–128.

BROWN, T. L.; LEMAY JR., H. E.; BURSTEN, B. E. **Química, a ciência central**. 9ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRUSH, S. G. History of Science and Science Education. **Interchange**, v. 20, n. 2, p. 60–70, 1989.

BUSINESS WIRE. **G24 Innovations Ships World's First Commercial Application of DSSC Solar Technology**. Disponível em: <<http://www.businesswire.com/news/home/20091012005499/en/G24-Innovations-Ships-World's-Commercial-Application-DSSC>>. Acesso em: 4 jan. 2016.

CACHAPUZ, A. et al. **A Necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. Experimental and quasi-experimental design for research. Em: **Handbook of Research on Teaching**. Boston: Houghton Mifflin, 1963.

CAPECCHI, M. C. V. DE M. Apresentação. Em: CARVALHO, A. M. P. (Ed.). **. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. VII–IX.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. Em: CARVALHO, A. M. P. (Ed.). **. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1–20.

CASTRO, P. A. P. P.; TUCUNDUVA, C. C.; ARNS, E. M. A importância do planejamento das aulas para organização do trabalho do professor em sua prática docente. **ATHENA. Revista Científica de Educação**, v. 10, n. 10, p. 49–62, 2008.

CATELLI, F.; LIBARDI, H. CDs como lentes difrativas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, 2010.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 6. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2014.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. 6. ed. New York: Taylor Fransis, 2007.

DEBOER, G. E. Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 6, p. 582–601, 2000.

DESCARTES, R. **Discurso do método**. Disponível em: <<https://passeidireto.com/arquivo/1190613/discurso-do-metodo---rene-descartes>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. Em: ROJO, R.; CORDEIRO, G. S. (Eds.). **Gêneros orais e escritos na escola**. 3ª. ed. Campinas: Mercado de Letras, 2004. p. 81–108.

EDDY, J. et al. **Dye-sensitized solar cells: using organic dyes to generate electricity from light**. Disponível em: <[http://www.camse.org/scienceonthemove/documents/DSSC\\_manual.pdf](http://www.camse.org/scienceonthemove/documents/DSSC_manual.pdf)>. Acesso em: 17 set. 2015.

EXTRA DE RONDÔNIA. **Pai de aluno pretende recorrer ao MP para garantir vaga de filho em escola**. Disponível em: <<http://www.extraderondonia.com.br/2015/01/27/pai-de-aluno-pretende-recorrer-ao-mp-para-garantir-vaga-de-filho-em-escola/>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

FINNISH NATIONAL BOARD OF EDUCATION. **Educational provision: evolution of educational provision**. Disponível em: <[http://www.oph.fi/english/education\\_system/historical\\_overview/educational\\_provision](http://www.oph.fi/english/education_system/historical_overview/educational_provision)>. Acesso em: 16 jan. 2016.

FOLHA VITÓRIA. **Brasil tem 2,8 milhões fora da escola e enfrenta estagnação**. Disponível em: <<http://www.folhavitoria.com.br/geral/noticia/2016/01/brasil-tem-2-8-milhoes-fora-da-escola-e-enfrenta-estagnacao.html>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

FURMAN, M. **O ensino de ciências no ensino fundamental - colocando as pedras fundacionais do pensamento científico**. Disponível em: <<http://www.sangari.com/mapadaviolencia/publicacoes.html>>. Acesso em: 1 ago. 2014.

G1. **MP vai investigar qualidade do ensino e falta de vagas em escolas de Leme**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2015/02/mp-vai-investigar-qualidade-do-ensino-e-falta-de-vagas-em-escolas-de-leme.html>>. Acesso em: 22 jan. 2016a.

G1. **O brasileiro que vende celulares chineses para a América Latina**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/negocios/noticia/2015/07/o-brasileiro-que-vende-celulares-chineses-para-a-america-latina.html>>. Acesso em: 17 set. 2015b.

G24 POWER. **About us: G24 Power**. Disponível em: <<http://gcell.com/about-g24-power>>. Acesso em: 4 jan. 2016.

GENTILI, P. (ED.). **Política educacional, cidadania e conquistas democráticas**. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2013.

GOMES, A. S. L. (ED.). **Letramento Científico: um indicador para o Brasil**. São Paulo: Instituto Abramundo, 2015.

GRÄTZEL, M. Photoelectrochemical cells. **Nature**, v. 414, n. November, p. 338–344, 2001.

GRÄTZEL, M. Dye-sensitized solar cells. **Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews**, v. 4, p. 145–153, Out. 2003.

HELMENSTINE, A. M. **Electrical Conductivity Definition**. Disponível em: <<http://chemistry.about.com/od/chemistryglossary/g/Electrical-Conductivity-Definition.htm>>. Acesso em: 4 fev. 2016.

HEYWOOD, D. The Place of Analogies in Science Education. **Cambridge Journal of Education**, v. 32, n. 2, p. 233–247, 2002.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. **Science Education**, v. 88, n. 1, p. 28–54, 2004.

ICE. **Institute for Chemical Education: Overview**.

INSTITUTO ABRAMUNDO. **Indicador de Letramento Científico**. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2014/08/imagens/Indice-Letramento-Cientifico.pdf>>.

KLEIN, J. T. Integrative Learning and Interdisciplinary Studies. **Peer Review**, v. 7, n. 4, p. 8–10, 2005.

KLEIN, J. T. A Platform for a Shared Discourse of Interdisciplinary Education. **JSSE - Journal of Social Science Education**, v. 5, n. 2, p. 10–18, 2006.

KOLOKOWSKY, S.; DAVIS, T. **Touchscreens 101: Understanding Touchscreen Technology and Design**. Disponível em: <<http://www.cypress.com/file/95156/download>>. Acesso em: 16 set. 2015.

KRASILCHIK, M. Caminhos do ensino de ciências no Brasil. **Em Aberto**, v. 11, n. 55, 1992.

KRASILCHIK, M. Reformar e realidade o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85–93, 2000.

LEHMANN, E. L. **Nonparametrics: Statistical Methods Based on Ranks**. 1. ed. San Francisco: Holden-Day, 1975.

LIBÂNEO, J. C. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov. **Revista Brasileira de Educação**, n. 27, p. 5–24, 2004.

MANCUSO, R.; LEITE FILHO, I. Feiras de ciências no Brasil: uma trajetória de quatro décadas. Em: MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, S. DE E. B. (Ed.). **Programa Nacional de Apoio às Feiras de Ciências da Educação Básica Fenaceb**. Brasília: MEC/SEB, 2006. p. 11–43.

MÁRQUEZ, C.; IZQUIERDO, M.; ESPINET, M. Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 3, p. 371–386, 2003.

MICHAEL, K. Y. The Effect of a Computer Simulation Activity versus a Hands-on Activity on Product Creativity in Technology Education. **Journal of Technology Education**, v. 13, n. 1, p. 31–43, 2001.

MIGHTY ANT DATAWORKS. **Tug of war**. Disponível em: <<http://mightyantdataworks.com/images/tug-of-war.jpg>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

MILARÉ, T.; ALVES FILHO, J. P. A Química Disciplinar em Ciências do 9º Ano. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 1, p. 43–52, 2010.

MORTIMER, R. J.; WORRALL, D. R. **Harnessing solar energy with Grätzel cells**. Disponível em: <<http://www.rsc.org/education/eic/issues/2007Sept/HarnessingSolarEnergyGratzelCells.asp>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

MOSER, C.; KALTON, G. **Survey Methods in Social Investigation**. Londres: Heinemann, 1997.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Integração curricular por áreas com extinção das disciplinas no Ensino Médio: Uma preocupante realidade não respaldada pela pesquisa em ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 2014.

NCES. **Outcomes of Learning: Results From the 2000 Program for International Student Assessment of 15-Year-Olds in Reading, Mathematics, and Science Literacy**. DC Washington: [s.n.].

NEVES, L. S.; FARIAS, R. F. **História da química: um livro-texto para graduação**. Campinas: Editora Átomo, 2008.

NISSANI, M. Ten cheers for interdisciplinarity: The case for interdisciplinary knowledge and research. **The Social Science Journal**, v. 34, n. 2, p. 201–216, 1997.

O'REGAN, B.; GRÄTZEL, M. A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO<sub>2</sub> films. **Nature**, v. 353, p. 737–740, 1991.

OBSERVATÓRIO DO PNE. **Observatório do PNE**. Disponível em: <<http://www.observatoriodopne.org.br/>>. Acesso em: 26 jan. 2016.

OECD. **PISA Learning for Tomorrow's World: First Results from PISA 2003**. Paris: Org. for Economic Cooperation & Development, 2004.

OECD. **PISA 2009 Results: Executive Summary**. Paris: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/46619703.pdf>>.

OECD. **PISA 2012 Results in Focus: What 15-year-olds know and what they can do with what they know**. Paris: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-overview.pdf>>.

OECD. **Education at a Glance 2014: OECD Indicators**. Paris: OECD Publishing, 2014b.

OECD. **Country Note Brazil: Results from Pisa 2012**. Disponível em: <<http://www.oecd.org/education/PISA-2012-results-brazil.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

OLIVEIRA, C. M. A. O que se fala se escreve nas aulas de Ciências. Em: CARVALHO, A. M. P. (Ed.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 63–75.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71–84, 2007.

PYYKKÖ, P. The physics behind chemistry and the periodic table. **Chemical Reviews**, v. 112, n. 1, p. 371–384, 2012.

R7. **Falta de vagas deixa seis mil alunos do DF fora da rede pública de ensino em 2014.** Disponível em: <<http://noticias.r7.com/distrito-federal/falta-de-vagas-deixa-seis-mil-alunos-do-df-fora-da-rede-publica-de-ensino-em-2014-17012014>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

R7. **Conserto de celulares cresce e faz as vendas de aparelhos caírem.** Disponível em: <<http://noticias.r7.com/sp-no-ar/videos/conserto-de-celulares-cresce-e-faz-as-vendas-de-aparelhos-cairem-07092015>>. Acesso em: 17 set. 2015.

RE, D. G. Models and Analogies in Science. **International Journal for Philosophy of Chemistry**, v. 6, n. 1, p. 5–15, 2000.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. Em: CARVALHO, A. M. P. (Ed.). . **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 41–61.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: A proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**2, v. 13, n. 3, p. 333–352, 2008.

SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. A biologia e o ensino de Ciências por Investigação: dificuldades e possibilidades. Em: CARVALHO, A. (Ed.). . **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 129–152.

SELLTIZ, C.; WRIGHTSMAN, L. S.; COOK, S. Delineamentos Quase-Experimentais. Em: **Métodos de pesquisa nas relações sociais.** São Paulo: E. P. U., 1976.

SMESTAD, G. P. Education and solar conversion: Demonstrating electron transfer. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 55, n. 1-2, p. 157–178, 1998.

SMESTAD, G. P.; GRÄTZEL, M. Demonstrating Electron Transfer and Nanotechnology: A Natural Dye – Sensitized Nanocrystalline Energy Converter. **Journal of Chemical Education**, v. 75, n. 6, p. 752–756, 1998.

SOLBES, J.; VILCHES, A. STS Interactions and the Teaching of Physics and Chemistry. **Science Education**, v. 81, n. 4, p. 377–386, 1997.

STOHR-HUNT, P. M. An analysis of frequency of hands-on experience and science achievement. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 33, n. 1, p. 101–109, 1996.

TAMIR, P. How are the laboratories used? **Journal of Research in Science Teaching**, v. 14, n. 4, p. 311–316, 1977.

TEACHENGINEERING. **Hands-on Activity: Organic Solar Energy and Berries.** Disponível em: <[https://www.teachengineering.org/view\\_activity.php?url=collection/uoh\\_/activities/uoh\\_organic/uoh\\_organic\\_activity1.xml](https://www.teachengineering.org/view_activity.php?url=collection/uoh_/activities/uoh_organic/uoh_organic_activity1.xml)>. Acesso em: 15 dez. 2015.

THE FINNISH NATIONAL BOARD OF EDUCATION. **Education system.** Disponível em: <[http://www.oph.fi/english/education\\_system/teacher\\_education](http://www.oph.fi/english/education_system/teacher_education)>. Acesso em: 22

jan. 2016.

TOSTA, V. C. et al. **Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas**. Disponível em: <<http://www3.ceunes.ufes.br/downloads/PP/52.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

UNESCO. **Ensino de ciências: o futuro em risco**. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001399/139948por.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **Human Development Report 2014: Sustaining Human Progress: Reducing Vulnerabilities and Building Resilience**. New York: United Nations Pubns, 2014.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Penso, 2014.

ZETTERBERG, S. **Main outlines of Finnish history: Swedish, Russian and independent eras in a nutshell**. Disponível em: <<http://finland.fi/life-society/main-outlines-of-finnish-history/>>. Acesso em: 16 jan. 2016.

## APÊNDICE A – Tabela de Custos da Confeção da Primeira Versão das Maquetes

Tabela 11 - Descrição dos itens de consumo utilizados para confecção de um conjunto de cinco maquetes da primeira versão, respectivos valores unitários e valor total das maquetes.

Item	Especificação	Quant.	Tipo	Valor unitário*	Valor total
1	Cola branca lavável	1	frasco	R\$ 2,55	R\$ 2,55
2	Cola colorida	1	frasco	R\$ 2,50	R\$ 2,50
3	Tinta guache escolar	1	caixa com 6 frascos	R\$ 2,90	R\$ 2,90
4	Velcro adesivo	1	rolo	R\$ 10,20	R\$ 10,20
5	Palito de churrasco	1	pacote com 50	R\$ 2,70	R\$ 2,70
6	Percevejos latonados	1	caixa com 100	R\$ 2,90	R\$ 2,90
7	Cola quente fina	10	bastão	R\$ 0,20	R\$ 2,00
8	Folhas em EVA	7	folha	R\$ 1,80	R\$ 12,60
9	Cartolina dupla face	10	folha	R\$ 0,80	R\$ 8,00
10	Placa de isopor 100 cm x 50 cm x 3 cm	4	placa	R\$ 9,95	39,80
11	Bolas de isopor 20 mm	6	unidade	R\$ 0,30	R\$ 1,80
12	Bolas de isopor 35 mm	15	unidade	R\$ 0,40	R\$ 6,00
13	Bola de isopor 50 mm	1	unidade	R\$ 0,60	R\$ 0,60
14	Bolas de isopor 70 mm	2	unidade	R\$ 0,75	R\$ 1,50
15	Bolas de isopor 100 mm	6	unidade	R\$ 1,00	R\$ 6,00
TOTAL					R\$ 102,05

\* Valores referentes à prática de mercado do segundo semestre de 2014.



## APÊNDICE B – Tabela de Custos da Confeção da Segunda Versão das Maquetes

Tabela 12 - Descrição dos itens de consumo utilizados para confecção de um conjunto de quatro maquetes da segunda versão, respectivos valores unitários e valor total das maquetes.

Item	Especificação	Quant.	Tipo	Valor unitário*	Valor total
1	Tinta Acrílica Brilhante	3	pote, 37 mL	R\$ 2,79	R\$ 8,37
2	Tinta Acrílica Fosca	4	pote, 37 mL	R\$ 2,44	R\$ 9,76
3	Tinta relevo dimensional brilhante	1	pote, 37 mL	R\$ 2,65	R\$ 2,65
4	Tinta Fosca para Artesanato	6	pote, 37 mL	R\$ 2,90	R\$ 17,40
5	Pincel tamanho 4	1	unidade	R\$ 6,25	R\$ 6,25
6	Pincel tamanho 18	1	unidade	R\$ 3,90	R\$ 3,90
7	Cola tipo super bonder	1	frasco 50g	R\$ 7,20	R\$ 7,20
8	Fita adesiva dupla face 25mm x 2m	1	rolo	R\$ 16,80	R\$ 16,80
9	Tinta spray	1	lata, 150 mL	R\$ 16,80	R\$ 16,80
10	Prendedor de papel 51mm (tipo grampomol)	2	unidade	R\$ 1,50	R\$ 3,00
12	Bola de isopor 15 mm	15	unidade	R\$ 0,13	R\$ 1,95
13	Bola de isopor 25 mm	2	unidade	R\$ 0,15	R\$ 0,30
14	Bola de isopor 30 mm	1	unidade	R\$ 0,18	R\$ 0,18
15	Bola de isopor 35 mm	6	unidade	R\$ 0,20	R\$ 1,20
16	Garra jacaré	2	unidade	R\$ 1,50	R\$ 3,00
17	Corte e gravação a laser em MDF 3mm	1**	unidade	R\$ 125,00	R\$ 125,00
18	Corte a laser em placa de acrílico 3mm	1	unidade	R\$ 30,00	R\$ 30,00
TOTAL					R\$ 253,76***

\* Valores referentes à prática de mercado do primeiro semestre de 2015.

\*\* Referente a quantidade total de peças necessárias para construção de um conjunto de cinco maquetes.

\*\*\* Nesse montante não foi contabilizada a confecção da maquete da figura 7.

## APÊNDICE C – Roteiro de prática experimental de confecção de células fotoeletroquímicas



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO NA EDUCAÇÃO BÁSICA

### ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

#### INTRODUÇÃO

Para complementar a matriz energética mundial e satisfazer as necessidades socioambientais atuais, é necessária uma fonte energética com várias características particulares: não-poluente, não-escassa, distributiva e que possa ser usada em residências, indústrias e estabelecimentos comerciais. Uma resposta a essa necessidade é o aproveitamento da energia solar por meio de células fotovoltaicas e fotoeletroquímicas.

As células fotovoltaicas são dispositivos atrativos para produção de energia: são dispositivos livres de poluentes químicos e ruídos; sua potência de saída é flexível, produzindo desde mW até MW; a produção energética não depende de rede elétrica, o que as torna portáteis e sua fonte de energia - o Sol - é gratuita e inesgotável por alguns milhões de anos.

O químico alemão Michael Grätzel testou pela primeira vez as células solares fotoeletroquímicas, que receberiam seu nome em 1991. Também chamadas de "pigmento fotossensível", o processo é similar à fotossíntese das plantas: um corante depositado sobre a célula se comporta como uma espécie de clorofila artificial, transformando a radiação solar que é absorvida em eletricidade.

Significativamente mais baratas do que as células solares de silício (fotovoltaicas), as células de Grätzel também funcionam sob luz menos intensa, são insensíveis à temperatura e facilmente adaptáveis a qualquer aplicação, pois são flexíveis. Elas podem captar a energia de ambos os lados e pode-se até escolher sua cor.

Após 20 anos de muitos testes de laboratório, as células fotoeletroquímicas começaram a ser produzidas em massa pela empresa inglesa GCell, que já vende uma pequena mochila vermelha com uma cruz branca decorada com um painel solar flexível para recarregar telefones celulares e tocadores de MP3. Gigantes como a Sony e a Toyota também estão investindo nesses dispositivos.

Texto adaptado de:

**Anjos da guarda do futuro serão eletrônicos.** Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=anjos-guarda-futuro-serao-eletronicos&id=010110110912#.U2QRqoFdUrU>. Acesso em: 5 ago. 2015.

GONÇALVES, L. M. et al. Dye-sensitized solar cells: A safe bet for the future. *Energy & Environmental Science*, 2008. 655-667.

### QUESTÕES PARA REFLETIR SOBRE O TEXTO

Após ler o texto introdutório deste roteiro, responda as seguintes questões:

- No primeiro parágrafo, qual o significado de "matriz energética mundial"?
- Qual a diferença entre células solares fotovoltaicas e fotoeletroquímicas?
- Qual o significado de mW e MW? Ilustre sua resposta trazendo uma ou mais fotos de equipamento elétricos de sua casa que apresentam essas siglas.
- Você acredita que em breve vai utilizar células fotoeletroquímicas do tipo Grätzel em seu dia a dia? Por que?

### LEIA MAIS UM POUCO SOBRE A EVOLUÇÃO DAS CÉLULAS DE GRATZEL

**Células solares orgânicas sem solventes são estáveis e eficientes.** Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=celulas-solares-organicas-sem-solventes&id=010115080117#.U2QRloFdUrU>. Acesso em: 5 ago. 2015.

**Células solares orgânicas: problemas de 20 anos são solucionados.** Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=celulas-solares-organicas-celulas-gratzel&id=010115100419#.U2QRkYFdUrU>. Acesso em: 5 ago. 2015.

**Avanço sólido das células solares orgânicas.** Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=celulas-solares-organicas-estado-solido&id=010115120528#.U2QRr4FdUrU>. Acesso em: 5 ago. 2015.

**Células solares de perovskitas vieram para ficar.** Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=celulas-solares-perovskitas&id=010115131023#.U2QRtYFdUrU>. Acesso em: 5 ago. 2015.

**Célula solar de plástico já compete com células de silício.** Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=celula-solar-plastico-compete-celulas-silicio&id=010115130828#.U2QRHoFdUrU>. Acesso em: 5 ago. 2015.

**Novo material é célula solar de dia e tela à noite.** Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=celula-solar-dia-tela-noite&id=010115140328#.U2QQDoFdUrU>. Acesso em: 5 ago. 2015..

### MATERIAIS

Os seguintes materiais serão utilizados na confecção das células fotoeletroquímicas:

- Tela touch screen descartada;
- Óxido de titânio IV ( $\text{TiO}_2$ );
- Vinagre;
- Um corante qualquer;
- Xarope expectorante que contenha iodeto de potássio;
- Lápis 8B;
- Fita adesiva tipo durex;
- Estilete;
- Tesoura;
- Régua;
- Prendedores metálicos de papel;
- Tubo vazio de caneta;
- Seringa de 3 mL;
- Colheres do tipo chá e sobremesa;
- Tigela de porcelana;
- Prato sobremesa;
- Luvas de Silicone;
- Fita isolante;
- Fio de alumínio ou cobre;

### EQUIPAMENTOS

Os seguintes equipamentos serão utilizados na confecção das células fotoeletroquímicas:

- Multímetro digital.
- Secador de Cabelos.

### PROCEDIMENTOS

#### Preparação da tela *touch screen*:

Com o auxílio de um secador de cabelos, aqueça a tela touch screen e retire a superfície transparente e flexível. Utilize um multímetro e identifique a camada condutora da tela touch screen. Marque a camada condutora com uma caneta permanente.

Corte a placa de camada condutora em dois pequenos pedaços iguais de aproximadamente  $4 \times 4 \text{ cm}$ . Limpe a superfície condutora, sempre segurando pelas bordas.

Cuidadosamente, utilize fita adesiva e prenda uma das placas em uma superfície limpa e regular, com a face condutora voltada para cima.

#### Preparação da pasta de óxido de titânio:

Para cada parte de óxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) adicione uma parte de vinagre. Misture vigorosamente.

Montagem da célula fotoeletroquímica:

Com um objeto de forma cilíndrica (tubo vazio de caneta), aplique a pasta de óxido de titânio recém preparada à face da placa presa com fita adesiva. Atenção, você deve aplicar a pasta na face condutora. A camada de óxido de titânio aplicada deve ser uniforme e o mais fina possível.

Com um secador de cabelo, seque a pasta de óxido de titânio até que toda a água evaporasse e, então, retire a fita adesiva cuidadosamente.

Cautelosamente, despeje o corante escolhido sobre a camada de óxido de titânio. Novamente, seque a placa com o secador de cabelos.

Fixe um fino fio de cobre próximo a pasta seca de óxido de titânio e isole com um pequeno pedaço de fita isolante.

Agora, atrite um lápis 8B sobre a superfície condutora da outra placa, depositando o máximo de grafite sobre a mesma. Novamente, fixe um fino fio de cobre e isole com um pequeno pedaço de fita isolante.

Com uma seringa, cuidadosamente, adicione a solução de iodeto sobre a placa com corante, até que a pasta de óxido de titânio se mostre totalmente úmida.

Junte a face das duas placas preparadas, deixando os fios em lados opostos. Prenda com dois prendedores de papel.

Com uma seringa, cuidadosamente, adicione a solução de iodeto nas laterais da célula, até que a pasta de óxido de titânio se mostre totalmente úmida.

Testes:

Utilize o multímetro para medir a diferença de potencial gerada por sua célula de energia solar.

Conecte um LED à sua célula para verificar se há corrente suficiente para ascendê-lo.

Anote os resultados dos testes:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

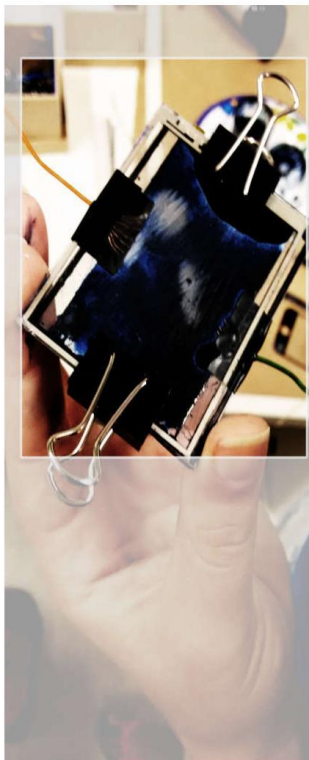
## APÊNDICE D – Tabela de Custos do Material de Consumo para Prática de Confeção de CF

Tabela 13 - Descrição dos itens de consumo suficientes para confecção de aproximadamente 50 CF, segundo roteiro de prática proposto neste trabalho.

Item	Especificação	Quant.	Tipo	Valor unitário*	Valor total
1	Fita adesiva tipo durex	1	rolo	R\$ 1,00	R\$ 1,00
2	Fita isolante adesiva	1	rolo	R\$ 2,50	R\$ 2,50
3	Óxido de titânio	1	frasco (500 g)	R\$ 79,00	R\$ 79,00
4	Xarope de KI	1	frasco (50 ml)	R\$ 9,36	R\$ 9,36
5	Tinta de carimbo	1	frasco (40 ml)	R\$ 4,20	R\$ 4,20
6	Prendedor metálico de papel (tipo grampomol)	16	unidade	R\$ 0,25	R\$ 4,00
7	Lápis 8B	1	unidade	R\$ 2,00	R\$ 2,00
8	Marcador CD/DVD	1	unidade	R\$ 4,70	R\$ 4,70
9	Vinagre branco	1	frasco	R\$ 3,00	R\$ 3,00
10	Tigela de porcelana	1	unidade	R\$ 7,90	R\$ 7,90
11	Prato de sobremesa	1	unidade	R\$ 3,90	R\$ 3,90
12	Colher	1	unidade	R\$ 1,35	R\$ 1,35
TOTAL					R\$ 122,91

\* Valores referentes à prática de mercado do segundo semestre de 2014.

## APÊNDICE E – Modelo de Certificado do Minicurso



### CERTIFICADO

Certificamos que «Nome» frequentou o minicurso **METODOLOGIA DE ENSINO DE FÍSICA E QUÍMICA NO ENSINO BÁSICO, ATRAVÉS DA CONFEÇÃO DE CÉLULAS FOTOELETROQUÍMICAS DE ENERGIA SOLAR**, realizado no Campus São Mateus da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), em São Mateus – ES, nos dias «Período», com carga horária total de 12 horas.

São Mateus – ES, «Certificação».

**Thiago Rafalski Maduro**  
Mestrando do Programa de Pós-Graduação  
em Ensino Básico – PPGEED  
Campus São Mateus da Ufes

**Prof.ª Dr.ª Gilmene Bianco**  
Departamento de Ciências Naturais  
Campus São Mateus da Ufes

### APÊNDICE F – Lista de Frequência dos Alunos no Minicurso

Nas listas de presença apresentadas a seguir, células com a letra “F” representam falta, o ponto representa presença e “P/F” representa uma participação parcial do aluno na atividade do dia. Colunas com células em branco referem-se à dias de reposição de atividade, ocorrida em outra turma, no caso da Turma A, e com reposição da atividade na mesma turma, no caso da Turma B.

Para Turma B, vale ressaltar que o minicurso foi desenvolvido durante as aulas de uma disciplina de LCB e que o hábito dos alunos de chegarem atrasados e partirem antes do término da aula não permitiu que fossem desenvolvidas atividades que durassem mais de duas horas. Além do mais, muitos alunos faltavam a aula, costumeiramente, segundo o docente regente da disciplina. Por isso, nesta turma, o minicurso foi ofertado em um número maior de dias, mas não ultrapassou a carga horária prevista de 12h.

<b>Lista de Presença da Tuma C – Alunos de LQ</b>			
<b>Etapas da SD</b>	<b>Apresentação da situação e módulo 1</b>	<b>Módulos 2 e 3</b>	<b>Módulos 4 e Produção final</b>
<b>Horário</b>	14h-18h	14h-18h	14h-18h
<b>Alunos / Data</b>	11/08/2015	19/08/2015	27/08/2015
C1	.	.	.
C2	P/F	.	F
C3	.	.	.
C4	.	.	.
C5	.	.	.
C6	.	.	.
C7	.	.	.
C8	.	.	.
C9	P/F	F	.
C10	.	F	.
C11	.	.	.



<b>Lista de Presença da Tuma A – Alunos de LCB</b>				
<b>Etapas da SD</b>	Apresentação da situação e módulo 1	Módulos 2 e 3	Módulos 4 e Produção final	Módulos 4 e Produção final
<b>Horário</b>	14h-18h	14h-18h	14h-18h	14h-18h
<b>Alunos / Data</b>	10/08/2015	18/08/2015	26/08/2015	27/08/2015
A1	.	.	.	.
A2	.	.	F	
A3	.	.	.	
A4	.	.	F	.
A5	.	.	.	
A6	F	.	F	
A7	.	.	.	
A8	.	.	.	
A9	.	F	.	
A10	.	.	.	
A11	.	.	.	
A12	.	.	.	
A13	.	.	.	
A14	.	.	.	
A15	.	.	F	.
A16	.	.	.	
A17	.	.	.	
A18	.	.	.	
A19	.	.	.	
A20	.	.	.	
A21	.	.	.	
A22	.	.	.	
A23	.	.	.	

Lista de Presença da Tuma B – Alunos de LCB								
<b>Etapas da SD</b>	Apresentação da situação	Apresentação da situação	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 3	Modulo 4	Produção final
<b>Horário</b>	18h50-22h30	18h50-22h30	18h50-22h30	18h50-22h30	18h50-22h30	18h50-22h30	18h50-22h30	18h50-22h30
<b>Alunos / Data</b>	07/08/2015	14/08/2015	21/08/2015	28/08/2015	31/08/2015	04/09/2015	11/09/2015	18/09/2015
B1		.	.	.	.		.	.
B2		.	.	F	F	.	.	.
B3		F	.	.	.		F	F
B4		.	.	.	.		.	.
B5	.		F	.	.		.	F
B6		F	.	.	.		P/F	F
B7		.	.	.	.		.	.
B8		.	.	.	.		.	.
B9		.	F	.	F		P/F	.
B10	.		.	.	.		F	.
B11		.	.	F	F	.	.	.
B12		P/F	.	.	F		.	F
B13		F	.	.	.		.	F
B14	.		.	.	F		.	F
B15		F	.	.	.		F	.
B16		F	.	F	F		.	.

## APÊNDICE G – Questionário I

### QUESTIONÁRIO I

(I.1.1) Nome:			
(I.1.2) Idade:	(I.1.3) Sexo:	<input type="checkbox"/> Masculino	<input type="checkbox"/> Feminino
(I.1.4) Possui alguma formação de nível superior?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
(I.1.5) Se sim, qual?			
(I.1.6) Está cursando algum curso superior?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
(I.1.7) Se sim, qual?			
(I.1.8) Se sim, desde que ano/período?			
(I.1.9) Você é aluno do Pibid?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
(I.1.10) Se sim, há quantos meses?			
(I.1.11) Se sim, em que nível de ensino e série você atua?			
<input type="checkbox"/> Ensino fundamental, 5º ano		<input type="checkbox"/> Ensino fundamental, 6º ano	
<input type="checkbox"/> Ensino fundamental, 7º ano		<input type="checkbox"/> Ensino fundamental, 8º ano	
<input type="checkbox"/> Ensino fundamental, 9º ano			
<input type="checkbox"/> Ensino médio, 1º ano		<input type="checkbox"/> Ensino médio, 2º ano	
<input type="checkbox"/> Ensino médio, 3º ano			
(I.1.12) Você já trabalhou como professor em alguma escola?			
<input type="checkbox"/> Sim		<input type="checkbox"/> Não	
(I.1.13) Se sim, em quais níveis de ensino?			
<input type="checkbox"/> Ensino fundamental		<input type="checkbox"/> Ensino médio	
<input type="checkbox"/> Ensino superior		<input type="checkbox"/> Pós-graduação	
Por quanto tempo atuou em cada um dos níveis de ensino?			
(I.1.14) <u>Fundamental</u>	(I.1.15) <u>Médio</u>	(I.1.16) <u>Superior</u>	(I.1.17) <u>Pós-graduação</u>
<input type="checkbox"/> até 1 ano	<input type="checkbox"/> até 1 ano	<input type="checkbox"/> até 1 ano	<input type="checkbox"/> até 1 ano
<input type="checkbox"/> de 1 a 2 ano	<input type="checkbox"/> de 1 a 2 ano	<input type="checkbox"/> de 1 a 2 ano	<input type="checkbox"/> de 1 a 2 ano
<input type="checkbox"/> de 2 a 3 anos	<input type="checkbox"/> de 2 a 3 anos	<input type="checkbox"/> de 2 a 3 anos	<input type="checkbox"/> de 2 a 3 anos
<input type="checkbox"/> mais de 3 anos	<input type="checkbox"/> mais de 3 anos	<input type="checkbox"/> mais de 3 anos	<input type="checkbox"/> mais de 3 anos
(I.1.18) Se você já lecionou para o ensino fundamental II, em que séries você atuou?			
<input type="checkbox"/> 5º ano	<input type="checkbox"/> 6º ano	<input type="checkbox"/> 7º ano	<input type="checkbox"/> 8º ano <input type="checkbox"/> 9º ano
(I.1.18) Se você já lecionou para o ensino médio, em que séries você atuou?			
<input type="checkbox"/> 1º ano	<input type="checkbox"/> 2º ano	<input type="checkbox"/> 3º ano	

(I.1.20) Provavelmente, quando você cursou o ensino fundamental, aprendeu conteúdos de biologia nas aulas de Ciências do 5º ao 8º ano e, então, no 9º ano estudou um semestre de química e um semestre de física. Essa estrutura curricular é coerente à proposta do PCN do ensino fundamental?

☐ Sim      ☐ Não      ☐ Não sei responder

(I.1.21) O ensino de Ciências Naturais, no Ensino Fundamental, pode ser pensado como propedêutico ou preparatório para o Ensino Médio?

☐ Sim      ☐ Não      ☐ Não sei responder

(I.1.22) Se sim, por que? Se não, por que?

Como você avalia seus conhecimentos quanto a cada uma das seguintes matrizes energéticas?

(I.1.23) <u>Eólica</u>	(I.1.24) <u>Hidroelétrica</u>	(I.1.25) <u>Solar</u>	(I.1.26) <u>Nuclear</u>	(I.1.27) <u>Térmica</u>
<input type="checkbox"/> Insuficiente	<input type="checkbox"/> Insuficiente	<input type="checkbox"/> Insuficiente	<input type="checkbox"/> Insuficiente	<input type="checkbox"/> Insuficiente
<input type="checkbox"/> Ruim	<input type="checkbox"/> Ruim	<input type="checkbox"/> Ruim	<input type="checkbox"/> Ruim	<input type="checkbox"/> Ruim
<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Regular
<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Bom
<input type="checkbox"/> Excelente	<input type="checkbox"/> Excelente	<input type="checkbox"/> Excelente	<input type="checkbox"/> Excelente	<input type="checkbox"/> Excelente

(I.1.28) Você sabe o que é uma célula de energia solar? ☐ Sim      ☐ Não

(I.1.29) Você sabe que existe mais de um tipo de células de energia solar? ☐ Sim      ☐ Não

(I.1.30) Você sabe o que é uma célula fotoeletroquímica? ☐ Sim      ☐ Não

**APÊNDICE H – Questionário II****QUESTIONÁRIO II**

---

(I.1.1) Nome:

---

(II.2.1) A GCell, célula fotoeletroquímica mostrada no vídeo, é um dispositivo tecnológico capaz de produzir energia elétrica através de qualquer fonte de luz visível. Associados a GCell estão conceitos de química, física e outros. Você acredita que as células fotoeletroquímicas podem ser construídas em uma sala de aula qualquer e utilizadas como instrumento para o ensino de Ciências Naturais no ensino fundamental? Por que?

---

---

---

---

---

---

---

(II.2.2) A GCell, célula fotoeletroquímica mostrada no vídeo, é um dispositivo tecnológico capaz de produzir energia elétrica através de qualquer fonte de luz visível. Associados a GCell estão conceitos de química, física e outros. Você acredita que as células fotoeletroquímicas podem ser construídas em uma sala de aula qualquer e utilizadas como instrumento para o ensino de física e química no ensino médio? Por que?

---

---

---

---

---

---

---

**APÊNDICE I – Questionário III****QUESTIONÁRIO III**

---

(I.1.1) Nome:

---

(III.3.1) O que é um multímetro?

---

---

---

---

(III.3.2) Como você definiria tensão elétrica? Caso você não saiba responder, responda "não sei".

---

---

---

---

(III.3.3) Como você definiria corrente elétrica? Caso você não saiba responder, responda "não sei".

---

---

---

---

(III.3.4) Como você definiria resistência elétrica? Caso você não saiba responder, responda "não sei".

---

---

---

---

(III.3.5) Como você definiria condutividade elétrica? Caso você não saiba responder, responda "não sei".

---

---

---

---

(III.3.6) Como você diferenciaria corrente contínua (DC) e corrente alternada (AC)?

---

---

---

---

(III.3.7) Antes de utilizar um equipamento desconhecido, você (assinale apenas uma questão):

- ☐ Desiste se não tiver qualquer conhecimento prévio sobre como utilizar.
  - ☐ Pergunta a alguém como fazer.
  - ☐ Pesquisa no Google o que fazer.
  - ☐ Lê o manual do equipamento.
  - ☐ Nenhuma das opções anteriores.
- 

(III.3.8) Quanto aos conceitos básicos de eletricidade (tensão, corrente e resistência), como você avalia seus conhecimentos para atuar em sala de aula?

- ☐ Insuficiente
  - ☐ Ruim
  - ☐ Regular
  - ☐ Bom
  - ☐ Excelente
- 

(III.3.9) Como você avalia sua segurança para lecionar conceitos básicos de eletricidade?

- ☐ Insuficiente
  - ☐ Ruim
  - ☐ Regular
  - ☐ Bom
  - ☐ Excelente
-

**APÊNDICE J – Questionário IV****QUESTIONÁRIO IV**

---

(I.1.1) Nome:

---

(IV.3.1) Para que serve um multímetro?

---

---

---

(IV.3.2) O que é tensão elétrica?

---

---

---

(IV.3.3) O que é corrente elétrica?

---

---

---

(IV.3.4) O que é resistência elétrica?

---

---

---

(IV.3.5) O que é condutividade elétrica?

---

---

---

(IV.3.6) Como você diferenciaria corrente contínua (DC) e corrente alternada (AC)?

---

---

---

---



---

(IV.3.7) Antes de utilizar um equipamento que você não sabe com usar, você faria o que? (Assinale apenas uma questão):

- ☐ Desiste se não tiver qualquer conhecimento prévio sobre como utilizar.
- ☐ Pergunta a alguém como fazer.
- ☐ Pesquisa no Google o que fazer.
- ☐ Lê o manual do equipamento.
- ☐ Nenhuma das opções anteriores.
- 

(IV.3.8) Quanto aos conceitos básicos de eletricidade (tensão, corrente e resistência), como você avalia seus conhecimentos para atuar em sala de aula?

- ☐ Insuficiente
- ☐ Ruim
- ☐ Regular
- ☐ Bom
- ☐ Excelente
- 

(IV.3.9) Como você avalia sua segurança para lecionar conceitos básicos de eletricidade?

- ☐ Insuficiente
- ☐ Ruim
- ☐ Regular
- ☐ Bom
- ☐ Excelente
- 

Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa "sim, adotaria" e 1 significa "não, não adotaria", como você avalia a possibilidade de adoção da metodologia de ensino de conceitos de eletricidade (corrente, tensão e resistência) apresentada nessa aula para cada um dos níveis de ensino que seguem:

	Não, não adotaria			Sim, adotaria	
(IV.3.10) Ensino fundamental	1	2	3	4	5
(IV.3.11) Ensino médio	1	2	3	4	5

---

(IV.3.12) Cite até três características positivas para metodologia adotada para o ensino de conceitos de eletricidade (corrente, tensão e resistência).

1 -

---

2 -

---

3 -

---

(IV.3.13) Cite até três características negativas para metodologia adotada para o ensino de conceitos de eletricidade (corrente, tensão e resistência).

1 -

---

2 -

---

3 -

---



---

(V.4.4) Quanto aos conceitos básicos sobre as características da luz, como você avalia seus conhecimentos para atuar em sala de aula?

- ☐ Insuficiente
- ☐ Ruim
- ☐ Regular
- ☐ Bom
- ☐ Excelente

---

(V.4.5) Como você avalia sua segurança para lecionar conceitos básicos relativos as características da luz?

- ☐ Insuficiente
  - ☐ Ruim
  - ☐ Regular
  - ☐ Bom
  - ☐ Excelente
-

## APÊNDICE L – Questionário VI

## QUESTIONÁRIO VI

---

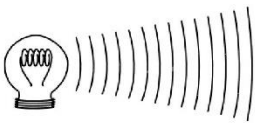
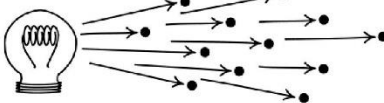
(I.1.1) Nome:

---

(VI.4.1) Se através da luz do sol podemos utilizar energia, então, podemos propor que a luz é energia?

- ☐ Sim, a luz é uma forma de energia.
- ☐ Luz e energia são coisas distintas que possuem alguma associação.
- ☐ Não, luz e energia são coisas distintas e não possuem qualquer associação.
- ☐ Nenhuma das respostas anteriores.
- 

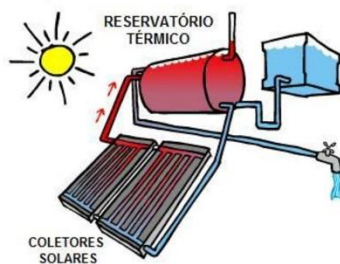
(VI.4.2) Qual das seguintes figuras melhor representa o conceito de luz?

- ☐ Ondas de luz. 
- ☐ Partículas de luz. 
- ☐ Ambas as figuras.

☐ Nenhuma das respostas anteriores.

---

(VI.4.3) Aquecedores solares de água são dispositivos como o da figura a baixo. Basicamente, são constituídos de um painel que fica exposto ao sol e um reservatório para manter a água aquecida, uma espécie de garrafa térmica gigante. De acordo com seus conhecimentos sobre a natureza da luz, responda: Para construção do painel solar (coletor solar) de um aquecedor, você utilizaria materiais de qual cor? Por que?



---

---

---

---

---

---

---

---

(VI.4.4) Quanto aos conceitos básicos sobre as características da luz, como você avalia seus conhecimentos para atuar em sala de aula?

- ☐ Insuficiente  
☐ Ruim  
☐ Regular  
☐ Bom  
☐ Excelente

(VI.4.5) Como você avalia sua segurança para lecionar conceitos básicos relativos as características da luz?

- ☐ Insuficiente  
☐ Ruim  
☐ Regular  
☐ Bom  
☐ Excelente

Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa "sim, adotaria" e 1 significa "não, não adotaria", como você avalia a possibilidade de adoção da metodologia de ensino de conceitos básicos relativos as características da luz apresentada nessa aula para cada um dos níveis de ensino que seguem:

	Não, não adotaria			Sim, adotaria	
(VI.4.6) Ensino fundamental	1	2	3	4	5
(VI.4.7) Ensino médio	1	2	3	4	5

(VI.4.8) Cite até três características positivas para metodologia adotada para o ensino de conceitos básicos relativos as características da luz.

1 -

2 -

3 -

(VI.4.9) Cite até três características negativas para metodologia adotada para o ensino de conceitos básicos relativos as características da luz.

1 -

2 -

3 -

**APÊNDICE M – Questionário VII****QUESTIONÁRIO VII**

---

(I.1.1) Nome:

---

(VII.5.1) Quanto a prática de confecção de células fotoeletroquímicas, você acredita que será uma atividade:

- ☐ Muito fácil
  - ☐ Fácil
  - ☐ Moderada
  - ☐ Difícil
  - ☐ Muito difícil
- 

(VII.5.2) Você espera que a célula fotoeletroquímica que você construir:

- ☐ Produza energia para ligar uma lâmpada minúscula, como um LED.
  - ☐ Produza energia, mas não o suficiente para acender um minúsculo LED.
  - ☐ Não produza energia.
  - ☐ Não sei o que esperar quanto a possibilidade de produção de energia.
- 

(VII.5.3) O experimento será realizado no espaço de uma sala de aula. Na falta de um laboratório, você acredita que na sala de aula a realização do experimento seja uma atividade:

- ☐ Muito fácil
  - ☐ Fácil
  - ☐ Moderada
  - ☐ Difícil
  - ☐ Muito difícil
- 

(VII.5.4) Como você avalia seu interesse por conhecer como os conceitos científicos se relacionam com o funcionamento da célula fotoeletroquímica?

- ☐ Muito pouco interessado
  - ☐ Pouco interessado
  - ☐ Moderadamente interessado
  - ☐ Interessado
  - ☐ Muito interessado
-

**APÊNDICE N – Questionário VIII****QUESTIONÁRIO VIII**

---

(I.1.1) Nome:

---

(VIII.5.1) Quanto a prática de confecção de células fotoeletroquímicas, você valia como uma atividade que foi:

- ☐ Muito fácil  
☐ Fácil  
☐ Moderada  
☐ Difícil  
☐ Muito difícil
- 

(VIII.5.2) No questionário anterior, você se deparou com as seguintes possíveis expectativas quanto a célula fotoeletroquímica que você construiria:

- Produza energia para ligar uma lâmpada minúscula, como um LED.
- Produza energia, mas não o suficiente para acender um minúsculo LED.
- Não produza energia.
- Não sei o que esperar quanto a possibilidade de produção de energia.

Após a atividade prática de confecção de células fotoeletroquímicas, quanto a expectativa anterior a essa atividade, você se sente:

- ☐ Insatisfeito  
☐ Conformado  
☐ Satisfeito  
☐ Nenhuma das opções anteriores
- 

(VIII.5.3) Considerando o ambiente de realização da atividade experimental de confecção de células fotoeletroquímicas, você classifica a sala de aula como um ambiente:

- ☐ Muito propício  
☐ Propício  
☐ Moderado  
☐ Pouco propício  
☐ Nenhum pouco propício
- 

(VIII.5.4) Ao final da atividade experimental, como você avalia seu interesse por conhecer como os conceitos científicos se relacionam com o funcionamento da célula fotoeletroquímica?

- ☐ Muito pouco interessado  
☐ Pouco interessado  
☐ Moderadamente interessado  
☐ Interessado  
☐ Muito interessado
-

---

(VIII.6.1) Para o ensino de Ciências do ensino fundamental, quanto aos conceitos químicos relacionados ao funcionamento da célula fotoeletroquímica, você acredita que sejam conceitos:

- ☐ Como muitos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Como alguns presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Como poucos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Nada parecido com os conceitos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Não conheço os livros do ensino fundamental
- ☐ Não sei responder
- 

(VIII.6.2) Para o ensino médio, quanto aos conceitos químicos relacionados ao funcionamento da célula fotoeletroquímica, você acredita que sejam conceitos:

- ☐ Como muitos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Como alguns presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Como poucos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Nada parecido com os conceitos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Não conheço os livros do ensino fundamental
- ☐ Não sei responder
- 

(VIII.6.3) Para o ensino de Ciências do ensino fundamental, quanto aos conceitos físicos relacionados ao funcionamento da célula fotoeletroquímica, você acredita que sejam conceitos:

- ☐ Como muitos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Como alguns presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Como poucos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Nada parecido com os conceitos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Não conheço os livros do ensino fundamental
- ☐ Não sei responder
- 

(VIII.6.4) Para o ensino médio, quanto aos conceitos físicos relacionados ao funcionamento da célula fotoeletroquímica, você acredita que sejam conceitos:

- ☐ Como muitos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Como alguns presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Como poucos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Nada parecido com os conceitos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Não conheço os livros do ensino fundamental
- ☐ Não sei responder
- 

Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa "sim, adotaria" e 1 significa "não, não adotaria", como você avalia a possibilidade de adoção da prática de confecção de células fotoeletroquímicas como atividade experimental em sala de aula para cada um dos níveis de ensino que seguem:

	Não, não adotaria			Sim, adotaria	
(VIII.5.5) Ensino fundamental	1	2	3	4	5
(VIII.5.6) Ensino médio	1	2	3	4	5

---



---

(VIII.5.7) Cite até três características positivas para a prática de confecção de células fotoeletroquímicas como atividade experimental para contextualização da temática energia solar.

1 -

2 -

3 -

---

(VIII.5.8) Cite até três características negativas para a prática de confecção de células fotoeletroquímicas como atividade experimental para contextualização da temática energia solar.

1 -

2 -

3 -

---

**APÊNDICE O – Questionário IX****QUESTIONÁRIO IX**

---

(I.1.1) Nome:

---

(IX.7.1) Enuncie quantas características (postulados) você lembrar sobre o modelo atômico de Bohr.

---

---

---

---

---

---

---

(IX.7.2) Faça um desenho de um átomo, com todas as estruturas que o constitui. Lembre-se de indicar cada uma das estruturas e nomeá-las.

---

(IX.7.3) O que é a oxidação de um átomo? Você pode representar através de um desenho ou reação ou descrevê-la na forma de texto.

---

---

---

---

---

(IX.7.4) O que é a redução de um átomo? Você pode representar através de um desenho ou reação ou descrevê-la na forma de texto.

---

---

---

---

(IX.7.5) Quanto aos conceitos básicos sobre o modelo atômico de Bohr, como você avalia seus conhecimentos para atuar em sala de aula?

- ☐ Insuficiente  
☐ Ruim  
☐ Regular  
☐ Bom  
☐ Excelente

---

(IX.7.6) Como você avalia sua segurança para lecionar conceitos básicos relativos ao modelo atômico de Bohr?

- ☐ Insuficiente  
☐ Ruim  
☐ Regular  
☐ Bom  
☐ Excelente

---

(IX.7.7) Quanto aos conceitos básicos sobre oxidação e redução, como você avalia seus conhecimentos para atuar em sala de aula?

- ☐ Insuficiente  
☐ Ruim  
☐ Regular  
☐ Bom  
☐ Excelente

---

(IX.7.8) Como você avalia sua segurança para lecionar conceitos básicos relativos a oxidação e redução?

- ☐ Insuficiente  
☐ Ruim  
☐ Regular  
☐ Bom  
☐ Excelente
-

**APÊNDICE P – Questionário X****QUESTIONÁRIO X**

---

(I.1.1) Nome:

---

(X.7.1) Enuncie quantas características (postulados) você lembrar sobre o modelo atômico de Bohr.

---

---

---

---

---

---

---

(X.7.2) Faça um desenho de um átomo, com todas as estruturas que o constitui. Lembre-se de indicar cada uma das estruturas e nomeá-las.

---

(X.7.3) O que é a oxidação de um átomo? Você pode representar através de um desenho ou reação ou descrevê-la na forma de texto.

---

---

---

---

---

(X.7.4) O que é a redução de um átomo? Você pode representar através de um desenho ou reação ou descrevê-la na forma de texto.

---

---

---

---

(X.7.5) Quanto aos conceitos básicos sobre o modelo atômico de Bohr, como você avalia seus conhecimentos para atuar em sala de aula?

- ☐ Insuficiente  
☐ Ruim  
☐ Regular  
☐ Bom  
☐ Excelente

---

(X.7.6) Como você avalia sua segurança para lecionar conceitos básicos relativos ao modelo atômico de Bohr?

- ☐ Insuficiente  
☐ Ruim  
☐ Regular  
☐ Bom  
☐ Excelente

---

(X.7.7) Quanto aos conceitos básicos sobre oxidação e redução, como você avalia seus conhecimentos para atuar em sala de aula?

- ☐ Insuficiente  
☐ Ruim  
☐ Regular  
☐ Bom  
☐ Excelente

---

(X.7.8) Como você avalia sua segurança para lecionar conceitos básicos relativos a oxidação e redução?

- ☐ Insuficiente  
☐ Ruim  
☐ Regular  
☐ Bom  
☐ Excelente
-

Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa "sim, adotaria" e 1 significa "não, não adotaria", como você avalia a possibilidade de adoção da metodologia de ensino de conceitos básicos relativos as características do modelo atômico de Bohr, oxidação e redução apresentada nessa aula para cada um dos níveis de ensino que seguem:

	Não, não adotaria			Sim, adotaria	
(X.7.9) Ensino fundamental	1	2	3	4	5
(X.7.10) Ensino médio	1	2	3	4	5

(X.7.11) Cite até três características positivas para metodologia adotada para o ensino de conceitos básicos relativos ao do modelo atômico de Bohr, oxidação e redução.

1 -

2 -

3 -

(X.7.12) Cite até três características negativas para metodologia adotada para o ensino de conceitos básicos relativos ao do modelo atômico de Bohr, oxidação e redução.

1 -

2 -

3 -

## APÊNDICE Q – Questionário XI

### QUESTIONÁRIO XI

(I.1.1) Nome: \_\_\_\_\_

Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa "sim, adotaria" e 1 significa "não, não adotaria", como você avalia a possibilidade de adotar a metodologia de ensino de conceitos básicos de reações químicas utilizando maquetes que permitem a simulação dos processos do um fenômeno apresentado nessa aula para cada um dos níveis de ensino que seguem:

	Não, não adotaria				Sim, adotaria
(XI.8.1) Ensino fundamental	1	2	3	4	5
(XI.8.2) Ensino médio	1	2	3	4	5

(XI.8.3) Cite até três características positivas para metodologia adotada para o ensino de conceitos básicos de reações químicas utilizando maquetes que permitem a simulação dos processos do um fenômeno.

1 - \_\_\_\_\_

2 - \_\_\_\_\_

3 - \_\_\_\_\_

(XI.8.4) Cite até três características negativas para metodologia adotada para o ensino de conceitos básicos de reações químicas utilizando maquetes que permitem a simulação dos processos do um fenômeno.

1 - \_\_\_\_\_

2 - \_\_\_\_\_

3 - \_\_\_\_\_

(XI.1.25) Como você avalia seus conhecimentos gerais sobre energia solar?

☐ Insuficiente

☐ Ruim

☐ Regular

☐ Bom

☐ Excelente

(XI.1.28) Você sabe o que é uma célula de energia solar?

☐ Sim

☐ Não

☐ Não sei responder

(XI.1.29) Você sabe que existe mais de um tipo de células de energia solar?

☐ Sim

☐ Não

☐ Não sei responder

(XI.1.30) Você sabe o que é uma célula fotoeletroquímica?

☐ Sim

☐ Não

☐ Não sei responder

---

(XI.2.1) Você acredita que as células fotoeletroquímicas podem ser construídas em uma sala de aula qualquer e utilizadas como instrumento para o ensino de Ciências Naturais no ensino fundamental? Por que?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

(XI.2.2) Você acredita que as células fotoeletroquímicas podem ser construídas em uma sala de aula qualquer e utilizadas como instrumento para o ensino de física e química no ensino médio? Por que?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

(XI.6.1) Para o ensino de ciências do ensino fundamental, quanto aos conceitos químicos relacionados ao funcionamento da célula fotoeletroquímica, você acredita que sejam conceitos:

- ☐ Como muitos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Como alguns presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Como poucos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Nada parecido com os conceitos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Não conheço os livros do ensino fundamental
- ☐ Não sei responder

---

(XI.6.2) Para o ensino médio, quanto aos conceitos químicos relacionados ao funcionamento da célula fotoeletroquímica, você acredita que sejam conceitos:

- ☐ Como muitos presentes nos livros do ensino médio
  - ☐ Como alguns presentes nos livros do ensino médio
  - ☐ Como poucos presentes nos livros do ensino médio
  - ☐ Nada parecido com os conceitos presentes nos livros do ensino médio
  - ☐ Não conheço os livros do ensino médio
  - ☐ Não sei responder
-



(XI.6.3) Para o ensino de Ciências do ensino fundamental, quanto aos conceitos físicos relacionados ao funcionamento da célula fotoeletroquímica, você acredita que sejam conceitos:

- ☐ Como muitos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Como alguns presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Como poucos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Nada parecido com os conceitos presentes nos livros do ensino fundamental
- ☐ Não conheço os livros do ensino fundamental
- ☐ Não sei responder

(XI.6.4) Para o ensino médio, quanto aos conceitos físicos relacionados ao funcionamento da célula fotoeletroquímica, você acredita que sejam conceitos:

- ☐ Como muitos presentes nos livros do ensino médio
- ☐ Como alguns presentes nos livros do ensino médio
- ☐ Como poucos presentes nos livros do ensino médio
- ☐ Nada parecido com os conceitos presentes nos livros do ensino médio
- ☐ Não conheço os livros do ensino médio
- ☐ Não sei responder

Durante esse minicurso, lhe foi apresentado um **protótipo didático** que fez associações das seguintes temáticas e conceitos, em cinco momentos distintos.

Temática	Conceitos
Eletricidade e a utilização do multímetro para seleção de materiais condutores.	Como utilizar um multímetro. Corrente elétrica AC e DC, tensão elétrica AC e DC e resistência elétrica.
A luz como fonte de energia.	A luz branca como composição de todas as cores. Interações da matéria com a luz: absorção e reflexão. A dualidade onda-partícula da luz. O fóton.
Confecção de células fotoeletroquímicas.	O uso de materiais do nosso dia-a-dia para construção de artefatos tecnológicos no desenvolvimento de conceitos das ciências.
O modelo atômico de Bohr e reações de oxidação e redução	Os postulados do modelo atômico de Bohr. As características do átomo. A formação de íons. Reações de oxidação e redução.
A célula fotoeletroquímica e alguns conceitos de física e química.	A escrita de reações químicas. A sequência de reações químicas como processo de um fenômeno. A interação da luz com a matéria e o processo de oxidação. A eletricidade e o processo de redução.

O objetivo desse protótipo é apresentar uma metodologia de ensino de ciências com foco no tema energia solar fotoeletroquímica, a luz dos Parâmetros Curriculares Nacionais.

As questões a seguir referem-se ao **protótipo didático** como um todo.

(XI.8.5) Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa “muito interdisciplinar” e 1 “pouco interdisciplinar”, como você avalia a integração dos conceitos de química e física, desenvolvidos com o tema energia solar fotoeletroquímica, para aulas interdisciplinares no ensino básico.

Pouco integrado			Muito integrado		
1	2	3	4	5	

Em uma escala de 1 a 5, onde 5 apresenta “muito significativo” e 1 “pouco significativo”, como você avalia o protótipo didático apresentado como ferramenta de associação de questões cotidianas à ciência para cada um dos níveis de ensino que seguem:

	Pouco significativo			Muito significativo		
(XI.8.6) Ensino fundamental	1	2	3	4	5	
(XI.8.7) Ensino médio	1	2	3	4	5	

Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa “muito eficiente” e 1 “pouco eficiente”, como você avalia o protótipo didático apresentado como ferramenta para:

	Pouco eficiente			Muito eficiente		
(XI.8.8) Promover a interação professor-aluno.	1	2	3	4	5	
(XI.8.9) Promover o trabalho coletivo entre os alunos.						
(XI.8.9) Dinamizar o processo de ensino-aprendizagem.	1	2	3	4	5	
(XI.8.10) Tornar a aula lúdica.	1	2	3	4	5	
(XI.8.11) Promover interdisciplinaridade.	1	2	3	4	5	
(XI.8.12) Promover discussões cotidianas.	1	2	3	4	5	
(XI.8.13) Atrair a atenção do aluno.	1	2	3	4	5	
(XI.8.14) Fazer associação entre a prática e os conteúdos curriculares.	1	2	3	4	5	
(XI.8.15) Favorecer o uso de materiais alternativos para práticas experimentais.	1	2	3	4	5	
(XI.8.16) Facilitar a prática experimental em sala de aula na ausência de laboratórios.	1	2	3	4	5	

Em uma escala de 1 a 5, onde 5 significa “sim, adotaria” e 1 “não, não adotaria”, como você avalia a possibilidade de adoção do protótipo didático apresentado no minicurso para cada um dos níveis de ensino que seguem:

	Não, não adotaria			Sim, adotaria		
(XI.8.17) Ensino fundamental	1	2	3	4	5	
(XI.8.18) Ensino médio	1	2	3	4	5	



## APÊNDICE R – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO NA EDUCAÇÃO BÁSICA

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o (a) Sr (a) para participar da Pesquisa “a percepção dos futuros professores de ciências a partir de uma proposta metodológica de confecção de células fotoeletroquímicas do tipo grätzel”, sob a responsabilidade do pesquisador Thiago Rafalski Maduro, a qual pretende criar um protocolo de capacitação para professores de ciências, que aborde o eixo temático energia através da confecção de células fotoeletroquímicas do tipo Grätzel.

Sua participação é voluntária e se dará por meio da participação em um minicurso de aproximadamente 12 horas de duração, no qual você responderá a questionários que serão utilizados como instrumento de coleta de dados para o desenvolvimento da pesquisa.

Os riscos decorrentes de sua participação na pesquisa são relativos a exposição de suas opiniões com relação a discussão teórica-experimental que será desenvolvida no decorrer do minicurso. Se você aceitar participar, estará contribuindo para construção e validação de uma metodologia de ensino de ciências.

Se depois de consentir em sua participação o Sr (a) desistir de continuar participando, tem o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa. O (a) Sr (a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Para qualquer outra informação, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com o pesquisador no endereço e telefones inseridos no rodapé desta página.

#### Consentimento Pós-Informação

Eu, \_\_\_\_\_, fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura do participante

Thiago Rafalski Maduro

**Centro Universitário Norte do Espírito Santo (Ceunes)**  
**Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica (PPGEEB)**  
Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, CEP.: 29.932-540, São Mateus - ES  
Sítio Eletrônico : <http://www.ceunes.ufes.br>. E-mail: [thiagomaduro@gmail.com](mailto:thiagomaduro@gmail.com). Celular: (27)98801-9461

## **APÊNDICE S – Folha com a definição de tensão, diferença de potencial e corrente elétrica**

### **Mas o que é tensão e corrente elétrica?**

**TENSÃO:** termo aplicado a diferença de potencial entre dois pontos como estabelecida por uma separação de cargas opostas.

**DIFERENÇA DE POTENCIAL:** diferença algébrica entre os potenciais (ou tensões) de dois pontos em um sistema elétrico.

**CORRENTE:** fluxo de carga resultante da aplicação e uma diferença de potencial entre dois pontos em um sistema elétrico.

Referência: BOYLESTAD, R. L. **Introdução à análise de circuitos**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012. p. 49-50.

## APÊNDICE T – Qual a diferença entre corrente AC e DC?

Home » Canais » Ciência

### Ciência

## Qual a diferença entre corrente alternada e corrente contínua?

Curitiba 602 Tweetar 29 +1 42

A diferença é o sentido da tal corrente. Uma corrente elétrica nada mais é que um fluxo de elétrons (partículas que carregam energia) passando por um fio, algo como a água que circula dentro de uma mangueira. Se os elétrons se movimentam num único sentido, essa corrente é chamada de contínua. Se eles mudam de direção constantemente, estamos falando de uma corrente alternada. Na prática, a diferença entre elas está na capacidade de transmitir energia para locais distantes. A energia que usamos em casa é produzida por alguma usina e precisa percorrer centenas de quilômetros até chegar à tomada. Quando essa energia é transmitida por uma corrente alternada, ela não perde muita força no meio caminho. Já na contínua o desperdício é muito grande. Isso porque a corrente alternada pode, facilmente, ficar com uma voltagem muito mais alta que a contínua, e quanto maior é essa voltagem, mais longe a energia chega sem perder força no trajeto.

Se todos os sistemas de transmissão fossem em corrente contínua, seria preciso uma usina em cada bairro para abastecer as casas com eletricidade. O único problema da alta voltagem transportada pela corrente alternada é que ela poderia provocar choques fatais dentro das residências. "Por isso, a alta voltagem é transformada no final em tensões baixas. As mais comuns são as de 127 ou 220 volts", diz o físico Cláudio Furukawa, da USP. Portanto, a corrente que chega à tomada de sua casa continua sendo alternada, mas com uma voltagem bem mais baixa. Já a corrente contínua sai, por exemplo, de pilhas e baterias, pois a energia gerada por elas, usada nos próprios aparelhos que as carregam, não precisa ir longe. Também há muitos equipamentos eletrônicos que só funcionam com corrente contínua, possuindo transformadores internos, que adaptam a corrente alternada que chega pela tomada.

### Mão simples e mão dupla

*Modo como os elétrons se movem determina o tipo de corrente Alternada*

Nesse tipo de corrente, o fluxo de elétrons que carrega a energia elétrica dentro de um fio não segue um sentido único. Ora os elétrons vão para a frente, ora para trás, mudando de rota 120 vezes por segundo. Essa variação é fundamental, pois os transformadores que existem numa linha de transmissão só funcionam recebendo esse fluxo de elétrons alternado. Dentro do transformador, a voltagem da energia transmitida é aumentada, permitindo que ela viaje longe, desde uma usina até a sua casa

### Contínua

Aqui o fluxo de elétrons passa pelo fio sempre no mesmo sentido. Como não há alternância, essa corrente não é aceita pelos transformadores e não ganha voltagem maior. Resultado: a energia elétrica não pode seguir muito longe. Por isso, a corrente contínua é usada em pilhas e baterias ou para percorrer circuitos internos de aparelhos elétricos, como um chuveiro. Mas ela não serve para transportar energia entre uma usina e uma cidade

Fonte:

MUNDO ESTRANHO. Qual a diferença entre corrente alternada e corrente contínua? Disponível em:

<<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/qual-a-diferenca-entre-corrente-alternada-e-corrente-continua>>. Acesso em: 1 ago. 2015.

## APÊNDICE U – Formulário de registro da atividade de condutividade

**QUESTÃO:** Se uma célula fotoeletroquímica precisa de uma superfície condutora para escoar a energia elétrica produzida, qual(is) material(is) podemos utilizar para confecção de células fotoeletroquímica: plástico, vidro, chapa de aço ou tela touch screen?

Componentes do grupo:

1	
2	
3	
4	

Que função do multímetro você deverá utilizar para responder a essa questão?

Valores (com unidade de medida) das medidas realizadas para cada um dos materiais:

Plástico	
Vidro	
Chapa de aço	
Tela touch screen	
Placa de madeira	

Qual a resposta para questão apresentada? Por que?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## APÊNDICE V – Texto e atividades sobre o modelo atômico de Bohr

### O modelo de Bohr

Depois que Rutherford descobriu a natureza nuclear do átomo, os cientistas pensavam no átomo como um “sistema solar microscópico” no qual os elementos descreviam uma órbita ao redor do núcleo. Para explicar o espectro de linhas de hidrogênio, Bohr começou supondo que os elétrons moviam-se em orbitais circulares ao redor do núcleo. Entretanto, de acordo com a física clássica, uma partícula carregada (como um elétron) que se move em trajetória circular perderia energia continuamente pela emissão de radiação eletromagnética. À medida que o elétron perde energia, ele deve mover-se em forma de espiral em direção ao núcleo. Bohr abordou esse problema quase que da mesma forma que Planck tinha abordado o problema da natureza da radiação emitida por objetos quentes: assumindo que as leis predominantes da física eram inadequadas para descrever todos os aspectos dos átomos. Além disso, ele adotou a ideia de Planck de que as energias eram quantizadas.

Bohr baseou seu modelo em três postulados:

1. Somente órbitas de certos raios, correspondendo a certas energias definidas, são permitidas para os elétrons em um átomo.
2. Um elétron em certa órbita permitida tem certa energia específica e está em um estado de energia “permitida”. Um elétron em estado de energia permitido não irradiará energia e, portanto, não se moverá em forma de espiral em direção ao núcleo.
3. A energia só é emitida ou absorvida por um elétron quando ele muda de um estado de energia permitido para outro. Essa energia é emitida ou absorvida como um fóton.

Tanto o processo de excitação [absorção de energia] quanto o de emissão [liberação de energia] são compreensíveis em termos do modelo de Bohr. Esse modelo tem alguma utilidade, apesar de não ser realmente uma representação exata da estrutura atômica.

Texto adaptado de:

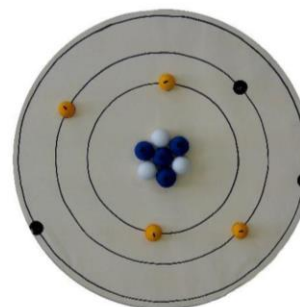
BROWN, L. S.; HOLME, T. A. **Química geral aplicada à engenharia**. 3a. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014. p. 187.

BROWN, T. L.; LEMAY JR., H. E.; BURSTEN, B. E. **Química, a ciência central**. 9a. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. p. 190.

### ATIVIDADE

Baseado no texto anterior, utilize a maquete do átomo para resolver/simular as seguintes situações previstas pelo modelo atômico de Bohr:

- a) De acordo com a física clássica, o que aconteceria com o elétron ao redor do núcleo? Segundo o modelo de Bohr, isso acontece? Relacione sua resposta a um dos postulados de Bohr.
- b) Identifique na maquete, as orbitas permitidas segundo o primeiro postulado de Bohr.
- c) Suponha que, originalmente, os elétrons da sua maquete estão distribuídos como na figura a baixo. Utilizando as estruturas que representam fótons de luz e elétrons, faça simulação de um elétron que perde energia.
- d) Suponha que, originalmente, os elétrons da sua maquete estão distribuídos como na figura a baixo. Qual (is) elétrons da maquete não poderiam perder energia? Por que?
- e) Suponha que, originalmente, os elétrons da sua maquete estão distribuídos como na figura a baixo. Utilizando as estruturas que representam fótons de luz, faça simulação de um elétron que absorve energia.
- f) Os elétrons da última órbita de um átomo poderiam ganhar energia? Se isso acontecer, qual seria o resultado?





## APÊNDICE W – Como funcionam os fogos de artifícios?

### ATIVIDADE

Faça leitura do texto extraído site da Revista Galileu e complete as lacunas adequadamente:

#### **Sem dúvida**

[Home >> Sem Dúvida](#)

#### **Como funcionam os fogos de artifícios?**

Cristina Amorim, Pablo Nogueira e Marília Juste

Edson de Jesus Lopes, Vinhedo, SP

#### **Espectáculo da química**

Os fogos de artifício são, basicamente, um dispositivo que fica envolvido em um cartucho de papel (em geral, em forma de cilindro). Na parte inferior do cartucho fica o propelente - a carga explosiva que leva os fogos para o alto. Na parte superior fica a 'bomba', com pequenos pacotinhos de sais responsáveis pelas diferentes cores e efeitos que surgem nas explosões. Há dois pavios, um para o propelente, que queima mais rápido, e outro para a bomba, que é mais demorado para que exploda somente no céu.

O propelente mais utilizado é a pólvora negra, uma mistura de nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ), enxofre e carvão. Esse tipo de pólvora foi descoberto pelos chineses há mais de 2.200 anos e era usado para espantar maus espíritos através de seu barulho e brilho. Outro propelente comum é o altamente explosivo perclorato de potássio ( $\text{KClO}_4$ ), que é misturado com a pólvora.

A disposição dos pacotes de sais na bomba causa os diferentes desenhos que se formam na hora da explosão. Já para conseguir as cores variadas, as bombas são compostas por (...)

(..) elementos químicos específicos. Na hora em que a pólvora explode, a energia produzida é \_\_\_\_\_ pelos elétrons dos átomos. Em outras palavras, os elétrons “saltam” de níveis de \_\_\_\_\_ energia (mais \_\_\_\_\_ do núcleo) para níveis de maior energia (\_\_\_\_\_ distantes). Quando retornam aos níveis de \_\_\_\_\_ energia, liberam a energia que absorveram em forma de luz colorida.

Texto adaptado de:

REVISTA GALILEU. **Como funcionam os fogos de artifício?** Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT669619-1716-9,00.html>. Acesso em: 6 ago. 2015.

## APÊNDICE X – Atividades sobre íons e reações químicas de oxidação e redução

### ÍONS (CÁTIONS E ÂNIONS)

Observe a maquete do modelo atômico que você recebeu. Note que o núcleo do átomo é constituído de cargas positivas ( + ), chamadas prótons, e que os elétrons da eletrosfera são partículas com carga negativa ( - ).

Vamos fazer uma soma da quantidade de prótons e elétrons e utilizar o valor de suas cargas elétricas como uma carga elétrica total do átomo, que chamaremos de elemento X. Veja como fica:

$$4\text{prótons} + 4\text{elétrons} = 0 \text{ (zero)}$$

$$4(+) + 4(-) = 0 \text{ (zero)}$$

Essa carga elétrica total do átomo pode ser representada do lado superior direito do símbolo do elemento, ficando assim:



Mas, geralmente, não representamos a carga elétrica total do átomo quanto ela assume o valor zero. Nessa condição dizemos que o átomo é neutro. Entretanto, não podemos deixar de fazer essa representação quando o valor é positivo (o elemento tem mais prótons do que elétrons) ou quando o valor é negativo (o elemento tem mais elétrons do que prótons).

**(Exercício 1)** - Agora vamos utilizar a maquete para simular um elemento que tem mais prótons do que elétrons, formando um elemento carregado \_\_\_\_\_ (positivamente ou negativamente?), que se chama íon cátion. Retire um elétron do átomo neutro da maquete e execute os mesmos cálculos mostrados anteriormente. Lembre-se de representar o símbolo do elemento na forma de um cátion:

Cálculos:

Símbolo do elemento na  
forma de um cátion:

**(Exercício 2)** - Vamos utilizar a maquete para simular um elemento que tem mais elétrons do que prótons, formando um elemento carregado \_\_\_\_\_ (positivamente ou negativamente?), que se chama íon ânion. Acrescente um elétron do átomo neutro da maquete e execute os mesmos cálculos mostrados anteriormente. Lembre-se de representar o símbolo do elemento na forma de um ânion:

Cálculos:

Símbolo do elemento na  
forma de um ânion:

### ÍONS (REAÇÕES DE REDUÇÃO E OXIDAÇÃO)

A Química, assim como todas as ciências, possui uma linguagem própria e universais, com o objetivo de permitir que todos, em todo o mundo, se comuniquem com facilidade ao expressarem processos relacionados a esta ciência.

As simulações realizadas nos exercícios anteriores são processos químico muito presentes em nosso dia-a-dia, como exemplo, podemos citar o processo de formação da ferrugem de um portão de ferro. Essencialmente, sempre que uma espécie química perde elétrons, outra espécie química os recebe, e podemos representar esses processos separadamente ou não, escrevendo uma reação química a partir dos seguintes passos básicos:

- Cada uma das espécies participantes de uma reação devem apresentar um símbolo. Geralmente os elétrons são representados pela letra “e” minúscula com um traço por cima:  $\bar{e}$ .
- A interação entre as espécies participantes de uma reação são sempre simbolizadas pelo sinal de “+”, significando “reage” ou “e”.
- Todas as reações possuem reagentes que interagem e levam a formação de um produto. Nas reações químicas, escrevemos primeiro os reagentes, separados pelo símbolo “+” e, então, acrescentamos uma seta apontando para direita ( $\rightarrow$ ), que pode ser lida com o significado de “produzindo” ou “formando”.

Agora, podemos escrever as reações químicas presentes nos exercícios 1 e 2.

**(Exercício 3)** – Quando uma espécie química, como o átomo da maquete perde elétrons, dizemos que ocorreu um processo de oxidação, ou seja, o átomo oxidou. Escreva a equação de oxidação para o processo descrito no exercício 1. Lembre-se de utilizar a maquete para te ajudar a perceber qual (is) é (são) o (s) reagente (s) e produto (s).

Reagentes	Símbolo que indica a reação	Produtos
-----------	-----------------------------	----------

**(Exercício 4)** – Quando uma espécie química, como o átomo da maquete ganha elétrons, dizemos que ocorreu um processo de redução, ou seja, o átomo reduziu. Escreva a equação de redução para o processo descrito no exercício 2. Lembre-se de utilizar a maquete para te ajudar a perceber qual (is) é (são) o (s) reagente (s) e produto (s).

Reagentes	Símbolo que indica a reação	Produtos
-----------	-----------------------------	----------

## APÊNDICE Y –

### CÉLULA FOTOELETROQUÍMICA DO TIPO GRATZEL (DEY-CELLS)

Faça uma breve leitura do texto publicado em fevereiro de 2009 na Revista Fapesp:

Basicamente, elas funcionam de maneira semelhante a uma bateria de celular, com dois eletrodos e, entre eles, um eletrólito, um meio condutor que faz o transporte das cargas elétricas por meio de íons. “O funcionamento dessas células, que são montadas como um sanduíche, constitui um verdadeiro sistema químico integrado”, diz Ana Flávia. Esse sistema é constituído por um corante com alta absorção de luz, que separa e transfere a carga elétrica para o dióxido de titânio e é regenerado pelo eletrólito. As cargas elétricas separadas nesse processo se recombina após passar por um circuito externo, fazendo com que ocorra a criação de uma corrente elétrica. [...]

“Um problema básico tanto das dye-cells como das orgânicas é que a eficiência ainda é mais baixa do que as células solares inorgânicas de silício utilizadas atualmente”, diz Hümmelgen. Isso porque as condições de produção em laboratório, com processos extremamente controlados, nem sempre são possíveis de ser repetidas na produção em larga escala. Enquanto as células comerciais à base de silício policristalino têm eficiência média de 11%, as dye-cells chegam a 7% ou 8% em laboratório. [...]

Os carregadores de celular da empresa inglesa G24, por exemplo, permitem 20 minutos de conversação a cada hora de luz solar. Apesar de parecer pouco, é preciso considerar que essa é uma aplicação portátil, ideal para locais não conectados à rede elétrica. Apesar da menor eficiência, a tecnologia é promissora não só para aplicações em comunidades isoladas como também em áreas urbanas. A previsão de custo em escala industrial é cerca de 50% menor do que o de uma célula de silício. “Como a presença de pequenas impurezas no semicondutor não constitui problema para o funcionamento das dye-cells, são dispensados procedimentos complicados necessários para a fabricação das células de silício, como o uso de sala limpa e de roupas especiais”, diz Neyde. O custo projetado para as células solares orgânicas e dye-cells é de US\$ 0,40 por watt, ante US\$ 3,00 por watt de tecnologias à base de silício.

(Fonte: ERENO, D. Fotossíntese artificial. **Pesquisa Fapesp**, v. 156, p. 70–73, 2009.)

1) Relembrando as etapas do experimento de confecção da célula fotoeletroquímica, associe a coluna da direita a coluna da esquerda, que contém as palavras grifadas primeiro parágrafo do texto:

A	Circuito externo
B	Corante
C	Dióxido de titânio
D	Eletrodos
E	Eletrólito
F	Cargas elétricas

	Tinta de carimbo
	Pó utilizado para produzir uma pasta branca
	Placas de tela touch screen
	Fios de cabo de rede
	Elétrons
	Constituinte do xarope para tosse

2) Identifique os três tipos de células solares descritas nas primeiras linhas do segundo parágrafo e utilize o restante do texto para preencher corretamente a tabela a baixo:

Tipo de célula	Eficiência média	Custo por watt

3) A coluna da esquerda, representa as etapas de geração de energia por uma célula fotoeletroquímica. Utilize a maquete da célula para simular cada uma das etapas e preencha a coluna da direita com a reação química correspondente.

Etapa	Descrição da etapa	Reação química para a etapa
1	Um fóton de luz atinge o corante (C) e excita seus elétrons, formando a espécie $C^*$ .	
2	O corante excitado ( $C^*$ ) libera um elétron, formando um cátion.	
3	O elétron liberado, passa pelo óxido de titânio e atinge a tela touch screen.	(não há reação química para essa etapa)
4	O elétron percorre a tela touch screen até chegar ao fio do circuito, por onde será conduzido até o outro eletrodo.	(não há reação química para essa etapa)
5	Enquanto isso, o iodeto ( $I^-$ ), proveniente do xarope para tose, libera um elétron para o cátion do corante, e se transforma em íon triiodeto ( $I_3^-$ ).	
6	O cátion corante recebe um elétron do iodeto ( $I^-$ ) e volta a ser uma molécula neutra. Assim, o corante é regenerado e está pronto para passar pela etapa 1 novamente.	
7	O íon triiodeto ( $I_3^-$ ) recebe o elétron que vem do circuito e é regenerado a íon iodeto ( $I^-$ ). Assim, o iodeto está pronto para regenerar outro corante, como na etapa 5.	

4) Dentre outros, dois problemas podem impedir o bom funcionamento das células fotoeletroquímicas do tipo Grätzel. Utilize a maquete para simular a ocorrência de cada um dos problemas descritos a baixo:

- O elétron, no óxido de titânio, retorna a um cátion de corante qualquer, sem passar pela tela touch screen e pelo circuito elétrico.
- O elétron, no óxido de titânio, encontra um íon triiodeto ( $I_3^-$ ) e se transforma em iodeto, sem que esse elétron tenha passado pela tela touch screen e pelo circuito elétrico.

5) Relembrando os conceitos de eletricidade, qual das seguintes variáveis será fortemente impactada pelos problemas da questão 4?

- Tensão elétrica.
- Corrente elétrica.
- Condutividade elétrica.
- Funcionamento do multímetro.
- Resistência elétrica.

6) Analisando cuidadosamente as etapas descritas na questão 3, por que a ausência de luz impede a produção de energia elétrica pela célula fotoeletroquímica?